GIOVANNI
SCIBILIA
02.04.2026
10:44:46
GMT+02:00

ARUP

Kryalos SGR S.p.A. – Fondo Vimercate

Progetto Vimercate

SIA All. 3 Valutazione di impatto acustico

Reference: ITA1-DCZZ-ARP-EIA-ZZZ-ZZ-RP-G-0004_rev01

P02 – EIA – Final Issue | 30 marzo 2026

This report takes into account the particular instructions and requirements of our client. It is not intended for and should not be relied upon by any third party and no responsibility is undertaken to any third party.

Job number 306525-00

Ove Arup & Partners
Corso Italia 1
Milan, 20122
Italy
arup.com

ARUP

Document Verification

Project title	Project Vimercate
Document title	SIA All.3 Valutazione di impatto acustico
Job number	306525-00
Document ref	ITA1-DCZZ-ARP-EIA-ZZZ-ZZ-RP-G-0004_rev01

Revision	**Dates**	**Filename**			
P01	13/06/2025	**Description**	Final Issue		
			Prepared by	**Checked by**	**Approved by**
		Name	Ambiente	Sara Lodrini	Christopher Tolmie
		Signature		Sara Lod	C.Tolmie
P02	30/03/2026	**Filename**			
		Description			
			Prepared by	**Checked by**	**Approved by**
		Name	Ambiente	Sara Lodrini	Sara Lodrini
		Signature		Sara Lod	Sara Lod
		Filename			
		Description			
			Prepared by	**Checked by**	**Approved by**
		Name			
		Signature			

Issue Document Verification with Document ✓

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV GL
= ISO 9001 =
= ISO 14001 =
= ISO 45001 =

COMMITTENTE:	PROGETTO:
ARUP Italia s.r.l. Corso Italia, 1 **20122 – Milano (MI)**	***Progetto di un nuovo Data Center in via John Fitzerald Kennedy, 34 a Vimercate (MB)***

Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

BON.2024.CLI.180	*marzo 2026*	*rev.1*	*M. Angeloni*	*R. Abate*	*A. Lucioni*
BON.2024.CLI.180	*maggio 2025*	*First Issue*	*M. Angeloni*	*R. Abate*	*A. Lucioni*
PROJECT	*DATE*	*REV*	*DRAFTED*	*VERIFIED*	*APPROVED*

ambiente
ingegneria ambientale

Sede di Milano
via Tibullo 2 – 20151 Milano
Tel. 0245473370
Fax. 0245473371

Web page: www.ambientesc.it

Altre sedi principali
Carrara (sede legale e operativa) Via Frassina, 21 - 54033 Carrara (MS) - Tel. 0585/855624 - Fax. 0585/855617
Firenze Via di Soffiano, 15 - 50143 Firenze (FI) - Tel. 055/7399056 - Fax 055/7134442
Roma Via C. Colombo, 149 - 00147 Roma (RM) - Tel. 06/45678571
Taranto Via Matera, km 598/I - 74014 Laterza (TA) - Mob. 347/1083531

Introduction

With this document, **ambiente srl** has executed the mandate entrusted by **ARUP Italia s.r.l.** with the required diligence.

The elaborations and results illustrated in this document have been obtained in compliance with current regulations and recognized rules in the field of operation and are based on the state of knowledge at the time of drafting the report.

Regarding this, ambiente srl has prepared this documentation as requested, according to the information and specifications provided by the Client, who therefore assumes all responsibility for their accuracy and correctness.

Accordingly, **ambiente srl** considers that:

- The client, or third parties designated by them, have provided all correct information and complete documents for the execution of the mandate;
- This document will not be used partially;
- The elaborations and results contained herein will not be used for purposes other than those agreed upon or for other matters, nor will they be transferred to modified circumstances without being reviewed;
- In this document, the term "Client" refers to the company **ARUP Italia S.p.A**, which commissioned ambiente srl to draft this document

SUMMARY

1 INTRODUZIONE 6

2 RIFERIMENTI NORMATIVI 7

2.1 NORMATIVA NAZIONALE 7
2.2 NORMATIVA REGIONE LOMBARDIA 9
2.3 LINEE GUIDA MASE D.D. VA N. 257 DEL 02/08/2024 9

3 INQUADRAMENTO DELL'AREA 10

3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 10
3.2 INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI 12
3.3 INQUADRAMENTO ACUSTICO 13
3.4 MONITORAGGIO ACUSTICO 15
3.5 CONFRONTO CON I LIMITI DI IMMISSIONE ASSOLUTA STATO ATTUALE 19

4 VALUTAZIONE PREVISIONE DI IMPATTO ACUSTICO 20

4.1 INTRODUZIONE 20
4.2 MODELLO DI CALCOLO 20
4.2.1 Definizione del modello 20
4.2.2 Input Dati Acustici 22
4.3 RISULTATI MODELLO ACUSTICO: LIVELLI DI PRESSIONE SONORA EMESSI 24
4.4 CONFRONTO CON I LIMITI DI EMISSIONE STATO DI PROGETTO 27
4.4.1 Confronto con i limiti di Emissione (senza attenuatori) 27
4.4.2 Confronto con i limiti di Emissione (con attenuatori) 28
4.5 CONFRONTO CON I LIMITI DI IMMISSIONE ASSOLUTA STATO DI PROGETTO 29
4.5.1 Calcolo del Livello di Immissione Stato di Progetto 29
4.5.2 Confronto con i limiti di Immissione Assoluti (con attenuatori) 31
4.6 VERIFICA CRITERIO DIFFERENZIALE STATO DI PROGETTO 32
4.6.1 Calcolo del Livello Differenziale Stato di Progetto 32
4.6.2 Verifica Criterio Differenziale Stato di Progetto 34
4.7 NUMERO MINIMO DI ATTENUATORI 35
4.8 TEST GENERATORI 39
4.8.1 Caratteristiche generatori 39
4.8.2 Modalità di esecuzione dei test 39
4.8.3 Verifica dell'impatto del test generatori 39

5 VALUTAZIONE PREVISIONE DI IMPATTO ACUSTICO – FASE DI CANTIERE 41

5.1 PREMESSA 41
5.2 CRONOPROGRAMMA DI CANTIERE 41
5.3 DATI DI INPUT E DEFINIZIONE DEGLI SCENARI 41
5.3.1 Fasi di cantiere 41
5.3.2 Macchine Operatrici 42
5.3.3 Traffico Indotto 46
5.4 MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE – PROCEDURE OPERATIVE 47
5.5 RISULTATI MODELLO ACUSTICO: LIVELLI DI PRESSIONE SONORA EMESSI 49

5.6 CONFRONTO CON I LIMITI DI EMISSIONE FASE DI CANTIERE 51
5.7 CONFRONTO CON I LIMITI DI IMISSIONE ASSOLUTA FASE DI CANTIERE 52
5.7.1 Calcolo del Livello di Immissione Fase di Cantiere 52
5.7.2 Confronto con i limiti di Immissione Assoluti Fase di Cantiere 53
5.8 VERIFICA CRITERIO DIFFERENZIALE FASE DI CANTIERE 53
5.8.1 Verifica Criterio Differenziale Stato di Progetto 53
5.9 DEROGA PER ATTIVITÀ RUMOROSA TEMPORANEA 54

6 CONCLUSIONI 55

INDEX OF FIGURES

Figure 1 - Area di intervento in relazione alla città di Milano 11
Figure 2 - Quadro territoriale dell'area di intervento 12
Figure 3 - Localizzazione dei recettori nell'area 13
Figure 4 - Zonizzazione acustica per il Comune di Vimercate 14
Figure 5 – Posizione dei punti di misura 17
Figure 6 – Foto delle posizioni dei punti di misurazione 18
Figure 7 – Modello 3D Soundplan 8.2 21
Figure 8 – Posizione dello schermo pieno e dello schermo a lamelle 23
Figure 9 – Planimetria dei 3 data center 24
Figure 10 – Mappa Acustica periodo diurno (con attenuatori) – 4 m piano campagna 26
Figure 11 – Mappa Acustica periodo notturno (con attenuatori) - 4 m piano campagna 26
Figure 12 – Chillers con attenuatori (numero minimo e posizione in verde) 36
Figure 13 – Ubicazione dei compressori implementati nel modello nei diversi scenari di test 40
Figure 14 – Ubicazione macchine di cantiere scenario 1 45
Figure 15 – Ubicazione macchine di cantiere scenario 2 46
Figure 16 – Percorso traffico indotto all'interno dell'area di cantiere 46
Figure 17 – Mappa Acustica periodo diurno (Scenario_1 Cantiere) 50
Figure 18 – Mappa Acustica periodo diurno (Scenario_2 Cantiere) 50

TABELLA INDEX

Tabella 1 Classificazione del territorio comunale (art.1). (Tabella A dell'allegato al D.P.C.M 14/11/1997) 7
Tabella 2 Valore limite di emissione 8
Tabella 3 Valore limite di immissione assoluto 8
Tabella 4 Limiti di Emissione per Classe acustica 14
Tabella 5 Limiti di Immissione per Classe acustica 14
Tabella 6 Limiti del criterio differenziale 15
Tabella 7 Dettaglio dei rilievi effettuati durante la campagna di misurazione del Marzo 2025 15
Tabella 8 Risultati monitoraggio fonometrico presso ricettore R0 15
Tabella 9 Risultati monitoraggio fonometrico presso ricettore R1 16
Tabella 10 Risultati monitoraggio fonometrico presso ricettore R2 16
Tabella 11 Risultati monitoraggio fonometrico presso ricettore R3 16
Tabella 12 Confronto con i limiti assoluti di Immissione diurno 19

Tabella 13 Confronto con i limiti assoluti di Immissione notturno 19
Tabella 14 Sound power level chillers and attenuator 22
Tabella 15 Dati acustici apparecchiature 22
Tabella 16 Livelli di Emissione dei data center calcolati per periodo diurno e notturno (senza attenuatori) 25
Tabella 17 Livelli di Emissione dei data center calcolati per periodo diurno e notturno (con attenuatori) 25
Tabella 18 Confronto con I limiti di Emissione periodo diurno 27
Tabella 19 Confronto con i limiti di Emissione periodo notturno 27
Tabella 20 Confronto con i limiti di Emissione periodo diurno 28
Tabella 21 Confronto con i limiti di Emissione periodo notturno 28
Tabella 22 Calcolo dell'Immissione Assoluta periodo diurno somma stato attuale misurato e il contributo calcolato dei data center 29
Tabella 23 Calcolo dell'Immissione Assoluta periodo notturno somma stato attuale misurato e il contributo calcolato dei data center 30
Tabella 24 Confronto con I limiti di Immissione Assoluti periodo diurno 31
Tabella 25 Confronto con I limiti di Immissione Assoluti periodo notturno 31
Tabella 26 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale in periodo diurno (ora più silenziosa) 34
Tabella 27 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale periodo notturno (ora più silenziosa) 34
Tabella 28 Confronto con il limite di Emissione periodo diurno 37
Tabella 29 Confronto con il limite di Emissione periodo notturno 37
Tabella 30 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale periodo diurno 38
Tabella 31 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale periodo notturno 38
Tabella 32 Confronto dei livelli di pressione sonora emessi dai Test con i livelli di emissione nello scenario di progetto 39
Tabella 33 Mezzi d'opera e potenza acustica fase di scavo movimentazione terre 42
Tabella 34 Mezzi d'opera e potenza acustica fase di scavo movimentazione terre 43
Tabella 36 Mezzi d'opera e potenza acustica fase costruzione cavidotto 43
Tabella 37 Mezzi d'opera e potenza acustica fase costruzione e allestimento 43
Tabella 38 Mezzi d'opera e potenza acustica fase costruzione linea AT 44
Tabella 39 Mezzi d'opera e potenza acustica fase costruzione linea AT 44
Tabella 40 Livelli di Emissione in fase di cantiere calcolati - periodo diurno 49
Tabella 41 Confronto con I limiti di Emissione periodo diurno 51
Tabella 42 Calcolo dell'Immissione Assoluta periodo diurno somma tra stato attuale misurato e il contributo Scenario_1 e Scenario_2 52
Tabella 43 Confronto con I limiti di Immissione Assoluti periodo diurno 53
Tabella 44 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale in periodo diurno 53

Allegati

Allegato 1 – Certificati misure fonometriche

Allegato 2 – Certificati strumentazione

Allegato 3 – Mappe Acustiche fase di esercizio e fase di cantiere

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la **Valutazione di Impatto Acustico** per il progetto di realizzazione di **tre data center** in un'area situata nel Comune di Milano, delimitata dall'autostrada A51 Tangenziale Est Milano, via J.F. Kennedy e aree a destinazione agricola.

L'intervento prevede la costruzione di tre edifici (due con tre sale dati ciascuno, uno con due sale dati). I tre data center ospiteranno macchinari (server) e sistemi di supporto (ventilazione e condizionamento). La porzione più orientale sarà destinata ad uffici. All'esterno sono previsti generatori di emergenza per l'eventualità di interruzioni di corrente: per quanto riguarda le accensioni in situazioni d'emergenza le emissioni acustiche di tali generatori non rientrano nella presente valutazione non essendo soggette a limiti normativi acustici come previsto dalle Linee Guida MASE D.D. VA n. 257 del 02/08/2024 al punto iii) del paragrafo 2.10 Rumore

Questa relazione costituisce una valutazione dell'impatto acustico dei nuovi impianti da installare. In particolare, si propone di:

- Valutare i livelli di emissione acustici generati durante la fase di esercizio dei data center e di test dei generatori sulla facciata dei ricettori adiacenti all'area di studio;
- Verificare l'eventuale conformità ai limiti di emissione acustica nazionali;
- Valutare l'impatto in fase di cantiere.

I rilievi acustici, l'elaborazione numerica e la redazione della presente relazione sono stati effettuati dal Tecnico Competente in Acustica Ambientale:

Dott. Ing. Marco Angeloni (ENTECA n.8027).

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Per la predisposizione del seguente studio si è fatto riferimento alla normativa di seguito riportata.

2.1 Normativa Nazionale

Attualmente il quadro normativo nazionale si basa sulla **Legge quadro n. 447 del 26 Ottobre 1995** e da una serie di decreti attuativi della legge quadro (**DPCM 14 Novembre 1997, DM 16 Marzo 1998, DPCM 31 marzo 1998, DPR n. 142 del 30/3/2004**), che rappresentano gli strumenti legislativi della disciplina organica e sistematica dell'inquinamento acustico.

La legge quadro dell'inquinamento acustico stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, ai sensi e per gli effetti dell'art. 117 della Costituzione. Essa delinea le direttive, da attuarsi tramite decreto, su cui si debbono muovere le pubbliche amministrazioni e i privati per rispettare, controllare e operare nel rispetto dell'ambiente dal punto di vista acustico.

Il **DPCM del 14 Novembre del 1997** "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore" determina i valori limite di emissione delle singole sorgenti, i valori limite di immissione nell'ambiente esterno dall'insieme delle sorgenti presenti nell'area in esame, i valori di attenzione ed i valori di qualità le cui definizioni sono riportate nella legge quadro n. 447/95 e riportati di seguito nelle tabelle B-C-D. Tali valori sono riferibili alle classi di destinazione d'uso del territorio riportate nella tabella A allegata al presente decreto e adottate dai Comuni ai sensi e per gli effetti della legge n. 447/95

Tabella 1 Classificazione del territorio comunale (art.1). (Tabella A dell'allegato al D.P.C.M 14/11/1997)

CLASSE	DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO
I	aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
II	aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali.
III	aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.
IV	aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.
V	aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
VI	aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Il **D.P.C.M. 14/11/1997** definisce, per ognuna delle classi acustiche previste:

- **Valore limite di emissione**[1]: valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.
- **Valore limite assoluto di immissione**[2]: valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori.

Per quanto concerne i valori limite differenziali di immissione, il decreto suddetto stabilisce che tali valori, definiti dalla legge quadro 26 ottobre 1995, n. 447, non sono applicabili nelle aree classificate come classe VI della Tabella A e se la rumorosità è prodotta da infrastrutture stradali, ferroviarie e aeroportuali. L'art. 5 fa riferimento chiaramente alle infrastrutture dei trasporti per le quali i valori limite assoluti di immissione e di emissione relativi alle singole infrastrutture dei trasporti, all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, fissati successivamente dal DPR n. 142 del 2004.

Tabella 2 Valore limite di emissione

Acoustic Class	Emission limit value [dB(A)]	
	Daytime: 6am-10pm	Night-time: 10pm-6am
I - aree particolarmente protette	45	35
II - aree prevalentemente residenziali	50	40
III - aree di tipo misto	55	45
IV - aree di intensa attività umana	60	50
V - aree prevalentemente industriali	65	55
VI - aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella 3 Valore limite di immissione assoluto

Acoustic Class	Absolute Immission limit value [dB(A)]	
	Daytime: 6am-10pm	Night-time: 10pm-6am
I - aree particolarmente protette	50	40
II - aree prevalentemente residenziali	55	45
III - aree di tipo misto	60	50
IV - aree di intensa attività umana	65	55
V - aree prevalentemente industriali	70	60
VI - aree esclusivamente industriali	70	70

[1] Art.2, comma 1, lettera e) della L.447/1995.

[2] Art.2, comma 1, lettera f) della L.447/1995.

Il **DM Ambiente 16 marzo 1998** "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico". Emanato in ottemperanza al disposto dell'art. 3 comma 1, lettera c) della L.447/95, individua le specifiche che devono essere soddisfatte dalla strumentazione di misura, i criteri e le modalità di esecuzione delle misure (indicate nell'allegato B al presente decreto). I criteri e le modalità di misura del rumore stradale e ferroviario sono invece indicati nell'allegato C al presente Decreto, mentre le modalità di presentazione dei risultati delle misure lo sono in allegato D al Decreto di cui costituisce parte integrante.

Con **Decreto n. 257 del 02/08/2024** della Direzione Generale Valutazioni Ambientali, sono state adottare le Linee guida redatte dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS, tese a indirizzare in modo specifico le istanze relative alla particolare tipologia di opere consistenti nei *Data Center assistiti da gruppi elettrogeni di emergenza con potenza superiore complessivamente a 50 MWt.* L'obiettivo posto è stato di definire i principali aspetti in ordine a progetti di Data Center soggetti a valutazione ambientale, descrivendo le metodologie applicabili e chiarendo le modalità di adempimento degli obblighi previsti dalla normativa di settore

2.2 Normativa Regione Lombardia

L.R. n.13/2001 – "Norme in materia di inquinamento acustico", pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia (1° supplemento ordinario al n. 33) del 13 agosto 2001, la legge regionale 10 agosto 2001

DGR VII/8313 del marzo 2002 – "Modalità e criteri tecnici di redazione della documentazione di Previsione di Impatto Acustico e di Valutazione Previsionale del Clima Acustico"

2.3 Linee Guida MASE D.D. VA n. 257 del 02/08/2024

Con **Decreto n. 257 del 02/08/2024** della Direzione Generale Valutazioni Ambientali, sono state adottare le Linee guida redatte dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS, tese a indirizzare in modo specifico le istanze relative alla particolare tipologia di opere consistenti nei Data Center assistiti da gruppi elettrogeni di emergenza con potenza superiore complessivamente a 50 MWt. L'obiettivo posto è stato di definire i principali aspetti in ordine a progetti di Data Center soggetti a valutazione ambientale, descrivendo le metodologie applicabili e chiarendo le modalità di adempimento degli obblighi previsti dalla normativa di settore

3 INQUADRAMENTO DELL'AREA

3.1 Inquadramento territoriale

Il sito dell'intervento è situato nella zona industriale nord-occidentale del Comune di Vimercate, nella Provincia di Monza e Brianza.

Il Comune si colloca nella parte orientale della Provincia, al confine con la Città Metropolitana di Milano, tra il fiume Adda (a ovest) e il torrente Lambro (a est), in un contesto di alta pianura. Il territorio comunale si estende per 20,72 km², a circa 25 km da Milano e 18 km da Monza, lungo uno dei principali assi di collegamento tra l'area della Brianza e l'area metropolitana milanese.

Confini comunali:

- Nord: Usmate Velate, Carnate e Bernareggio (prevalenza di aree agricole e verde con bassa densità abitativa)
- Est: Bellusco, Ornago e Sulbiate (uso agricolo e residenziale)
- Sud: Concorezzo, Agrate Brianza e Burago di Molgora (funzioni urbane, agricole e industriali)
- Ovest: Arcore (aree produttive e infrastrutturali)

Il territorio in oggetto è principalmente agricolo (seminativi semplici e risaie tipiche della Pianura Padana), con presenza moderata di insediamenti industriali, artigianali e commerciali. L'urbanizzazione residenziale è discontinua e limitata ai centri abitati.

Di seguito è riportata la localizzazione dell'area di intervento rispetto alla città di Milano:

Figure 1 - Area di intervento in relazione alla città di Milano

Da un punto di vista dell'uso del suolo su scala territoriale ampia, l'area oggetto dell'intervento è prevalentemente agricola, caratterizzata da "seminativi semplici" e "risaie", elementi tipici della Pianura Padana. È inoltre presente una moderata concentrazione di insediamenti industriali, artigianali e commerciali.

Per quanto riguarda l'urbanizzazione residenziale, essa è costituita da agglomerati discontinui, limitati ai centri abitati dei comuni.

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di intervento:

Figure 2 - Quadro territoriale dell'area di intervento

3.2 Individuazione dei ricettori

Nelle vicinanze dell'area oggetto di indagine sono stati individuati tre ricettori (denominati R1, R2 e R3) utilizzati come edifici residenziali e un ricettore R0 destinato a uso ufficio. Tutti i ricettori hanno due piani fuori terra, mentre il ricettore R0 si sviluppa su tre piani fuori terra; tutti sono situati nel Comune di Vimercate.

Il ricettore R0, situato a nord, confina con l'area di indagine, mentre il ricettore R1 si trova a 270 metri di distanza, il ricettore R2 a 530 metri e il ricettore R3 a 350 metri.

Di seguito è riportata la localizzazione geografica dei ricettori nell'area:

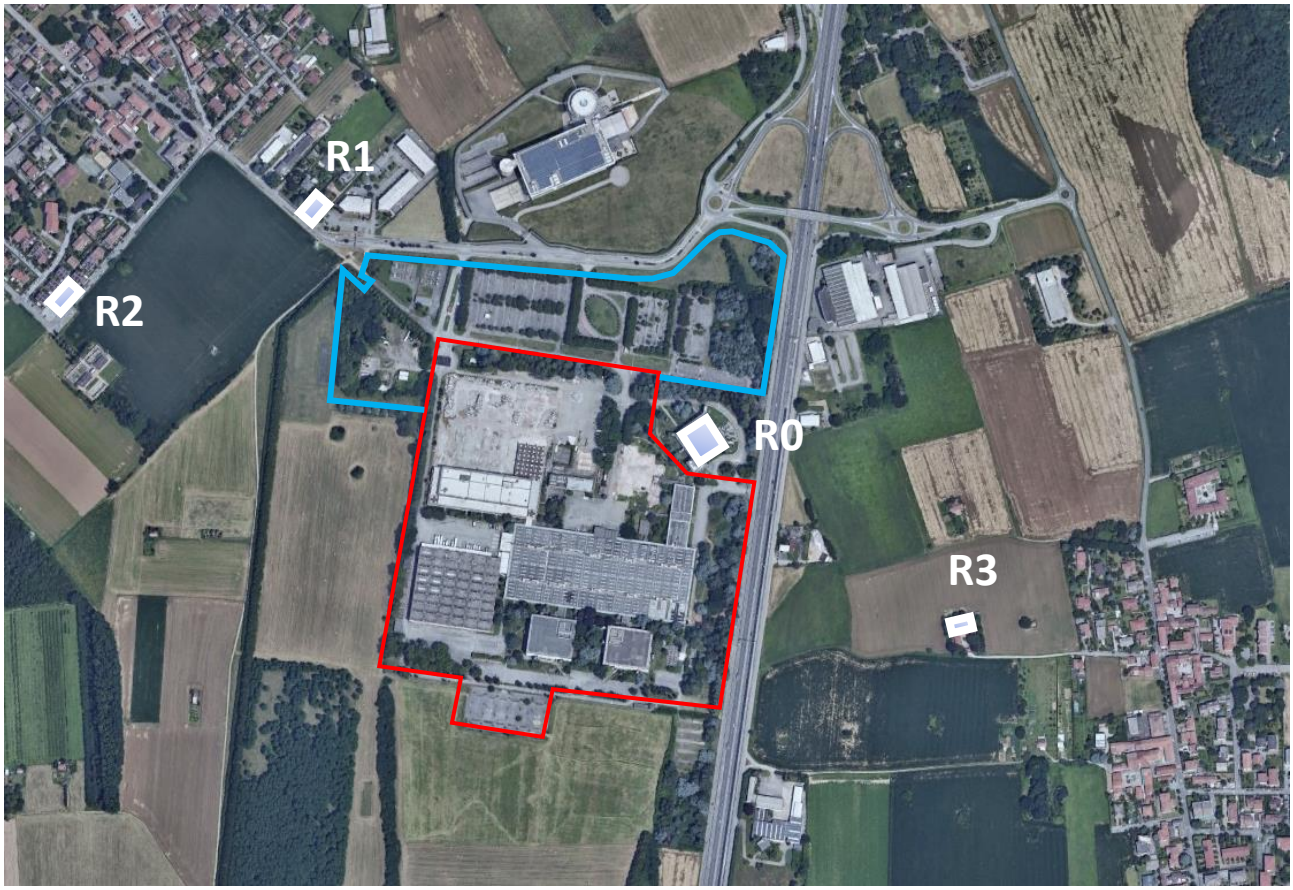


Figure 3 - Localizzazione dei recettori nell'area

3.3 Inquadramento Acustico

Il Piano di Classificazione Acustica Comunale approvato dal Comune di Vimercate (nella sua ultima versione con Delibera del Consiglio Comunale n. 61 del 30/07/2021) prevede specifici requisiti in materia di livelli di rumore; in particolare, tale piano definisce le soglie di rumore assegnando diverse classi acustiche alle differenti aree territoriali.

La figura seguente mostra le classi acustiche assegnate al sito in esame dal Comune: sono identificati tre diversi limiti acustici in corrispondenza dei ricettori prossimi al sito, i cui valori sono riportati nelle Tabelle 4, 5 e 6.

I ricettori indicati nel paragrafo precedente sono così classificati: Classe II "Aree a prevalente destinazione residenziale" (ricettori R2 e R3), Classe III "Aree di tipo misto" (ricettore R1), Classe IV "Aree di intensa attività umana" (ricettore R0). Le tabelle seguenti riportano i limiti normativi di riferimento.:

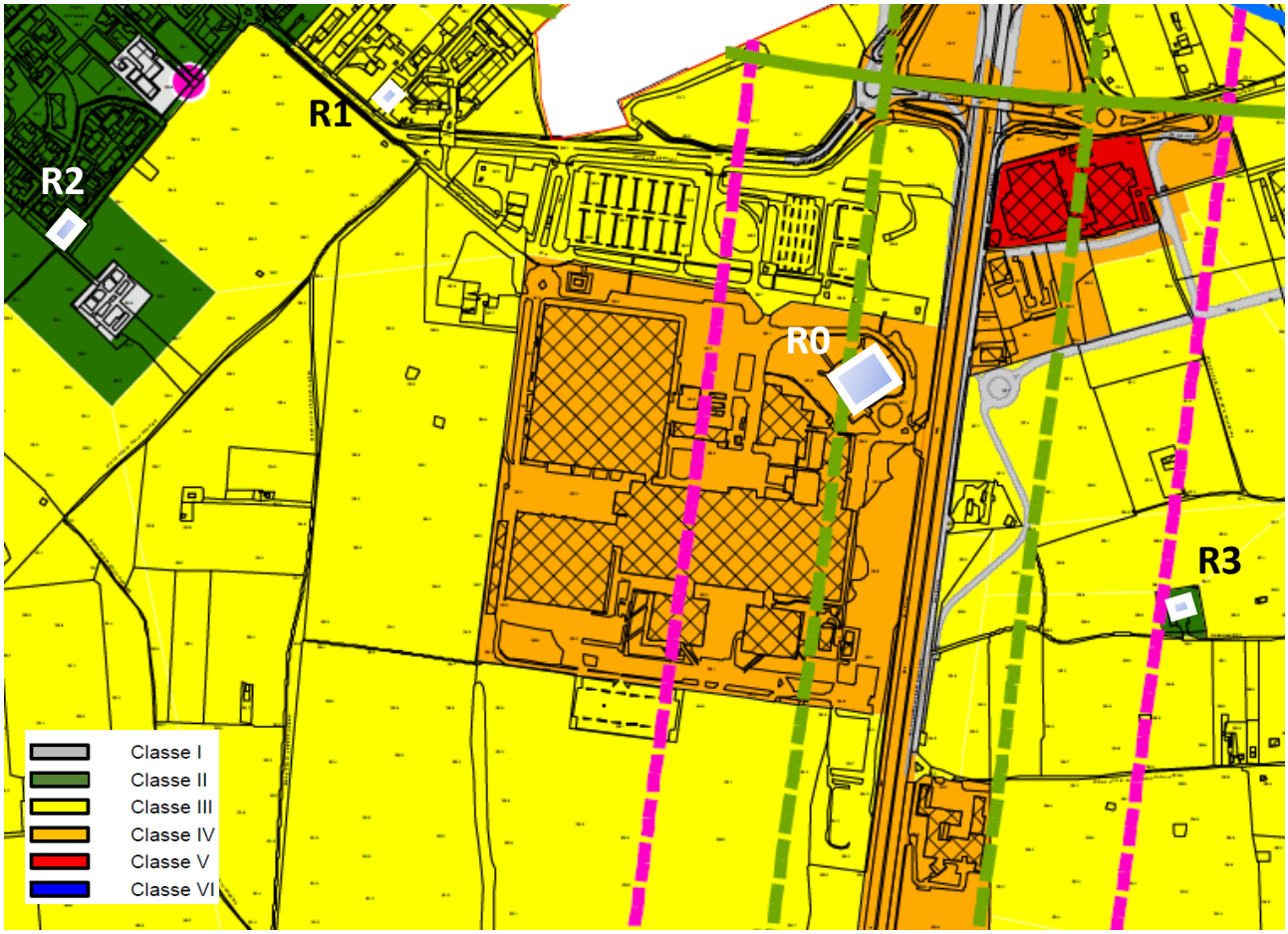


Figure 4 - Zonizzazione acustica per il Comune di Vimercate

Tabella 4 Limiti di Emissione per Classe acustica

Ricettore	Comune	Classe Acustica	Limite (Diurno 6am-10pm)	Limite (Notturno 10pm-6am)
Ricettori R2, R3	Vimercate	II - aree prevalentemente residenziali (verde)	50 dB(A)	40 dB(A)
Ricettore R1	Vimercate	III - aree di tipo misto (giallo)	55 dB(A)	45 dB(A)
Ricettore R0	Vimercate	IV - aree di intensa attività umana (arancio)	60 dB(A)	55 dB(A)

Tabella 5 Limiti di Immissione per Classe acustica

Ricettore	Comune	Classe Acustica	Limite (Diurno 6am-10pm)	Limite (Notturno 10pm-6am)
Ricettori R2, R3	Vimercate	II - aree prevalentemente residenziali (verde)	55 dB(A)	45 dB(A)
Ricettore R1	Vimercate	III - aree di tipo misto (giallo)	60 dB(A)	50 dB(A)
Ricettore R0	Vimercate	IV - aree di intensa attività umana (arancio)	65 dB(A)	55 dB(A)

Tabella 6 Limiti del criterio differenziale

Ricettore	Comune	Classe Acustica	Limite (Diurno 6am-10pm)	Limite (Notturno 10pm-6am)
Ricettori R2, R3	Vimercate	II - aree prevalentemente residenziali (verde)	5 dB(A)	3 dB(A)
Ricettore R1	Vimercate	III - aree di tipo misto (giallo)	5 dB(A)	3 dB(A)
Ricettore R0	Vimercate	IV - aree di intensa attività umana (arancio)	5 dB(A)	3 dB(A)

3.4 Monitoraggio acustico

Al fine di determinare il livello di rumore residuo presente nell'area oggetto di studio, nel mese di marzo 2025 è stata condotta una campagna di misurazioni da parte della società Ambiente S.p.A., composta da 3 rilevamenti della durata di 24 ore ciascuno.

I dettagli della campagna sono riportati di seguito:

Tabella 7 Dettaglio dei rilievi effettuati durante la campagna di misurazione del Marzo 2025

Misura	Tipologia	Data	Ora Inizio	Ubicazione	Note
P0	24h	23/01/2025	12:00	in facciata al ricettore R0	caratterizzata dal traffico veicolare su Tangenziale Est Milano
P1	24h	23/01/2025	11:00	in facciata al ricettore R1	caratterizzata dal traffico veicolare su Via J.F Kennedy
P2	24h	23/01/2025	13:00	in facciata al ricettore R2	caratterizzata dal traffico veicolare su Via Giuseppe Ungaretti
P3	24h	23/01/2025	13:00	in facciata al ricettore R3	caratterizzata dal traffico veicolare su Via Aldo Motta and Tangenziale Est Milano

I risultati della campagna di misura sono riportati di seguito, sia in forma tabellare che grafica (storia temporale delle misure fonometriche).

Tabella 8 Risultati monitoraggio fonometrico presso ricettore R0

Data	Periodo	Intervallo	L_{Al}	Lmin	Lmax
23/01/2025	Diurno 1	12:00-22:00	47,8	39,0	66,6
23-24/01/2025	Notturno	22:00-06:00	43,6	34,0	64,9
24/01/2025	Diurno 1	06:00-12:00	52,2	42,8	69,5

Tabella 9 Risultati monitoraggio fonometrico presso ricettore R1

Data	Periodo	Intervallo	L_{Al}	Lmin [dB(A)]	Lmax [dB(A)]
23/01/2025	Diurno 1	11:00-22:00	56,4	37,0	77,6
23-24/01/2025	Notturno	22:00-06:00	47,7	33,9	72,2
24/01/2025	Diurno 1	06:00-11:00	58,1	42,8	74,3

Tabella 10 Risultati monitoraggio fonometrico presso ricettore R2

Data	Periodo	Intervallo	L_{Al}	Lmin [dB(A)]	Lmax [dB(A)]
23/01/2025	Diurno 1	13:00-22:00	51,9	35,6	79,8
23-24/01/2025	Notturno	22:00-06:00	43,9	32,1	77,8
24/01/2025	Diurno 1	06:00-13:00	53,1	37,0	74,9

Tabella 11 Risultati monitoraggio fonometrico presso ricettore R3

Data	Period	Intervallo	L_{Al}	Lmin [dB(A)]	Lmax [dB(A)]
23/01/2025	Diurno 1	13:00-22:00	49,5	41,0	66,8
23-24/01/2025	Notturno	22:00-06:00	43,5	29,1	69,2
24/01/2025	Diurno 1	06:00-13:00	51,7	36,9	75,9

L'ubicazione dei punti di misurazione è illustrata nelle seguenti ortofoto e foto:

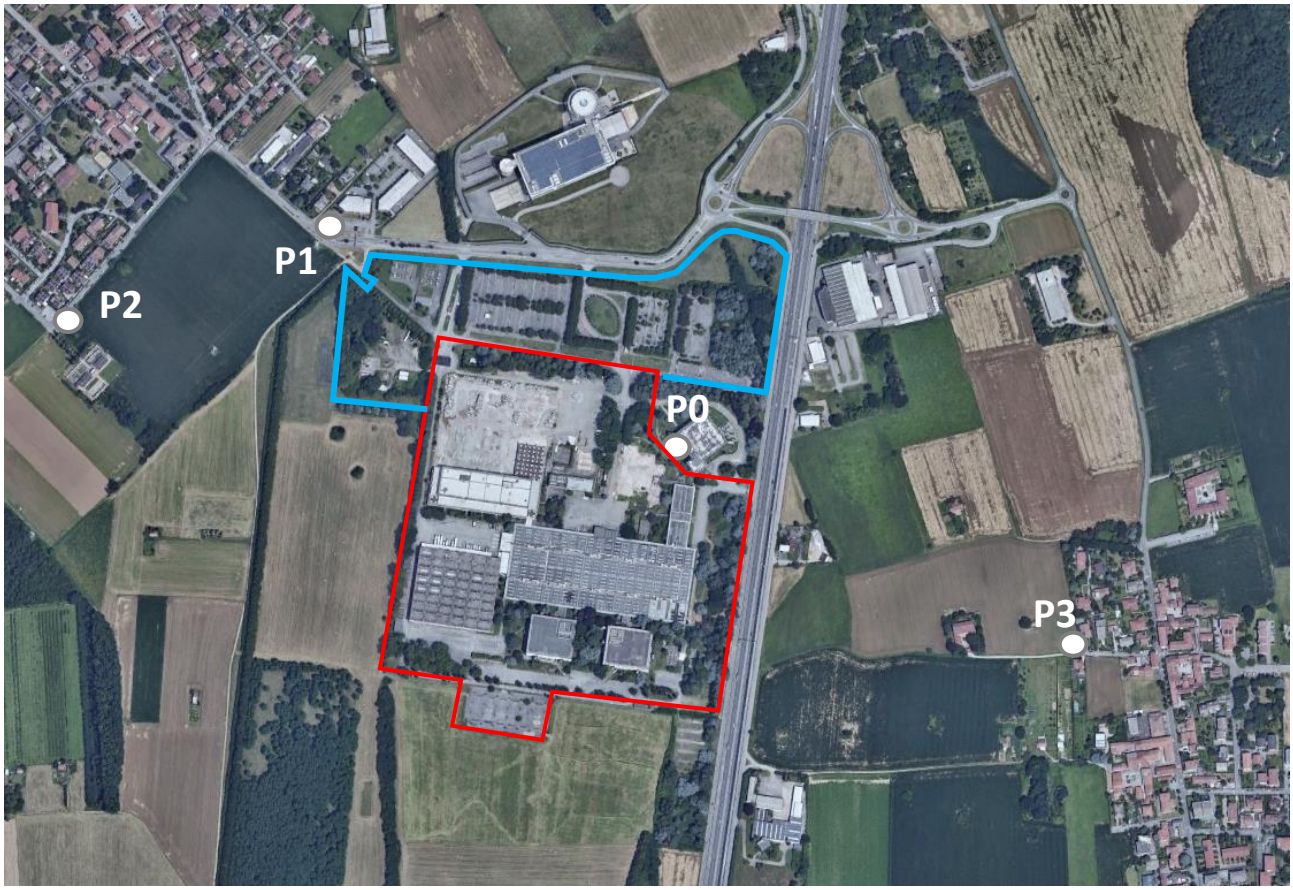


Figure 5 – Posizione dei punti di misura

Figure 6 – Foto delle posizioni dei punti di misurazione

3.5 Confronto con i limiti di Immissione Assoluta Stato Attuale

Di seguito, i livelli di rumore rilevati dalle misure fonometriche vengono confrontati con i limiti di Immissione Assoluta:

Tabella 12 Confronto con i limiti assoluti di Immissione diurno

Posizione	Periodo	Classe	Limite di Immissione (Diurno 6am-10pm)	L_{AI} Livelli di Immissione 16h misurato
P0	Diurno	IV	**65**	**50,0**
P1	Diurno	III	**60**	**57,0**
P2	Diurno	II	**55**	**52,5**
P3	Diurno	II	**55**	**50,5**

Tabella 13 Confronto con i limiti assoluti di Immissione notturno

Posizione	Periodo	Classe	Limite di Immissione (Notturno 22pm-6am)	L_{AI} Livelli di Immissione 8h misurato
P0	Notturno	IV	**55**	**43,6**
P1	Notturno	III	**50**	**47,7**
P2	Notturno	II	**45**	**43,9**
P3	Notturno	II	**45**	**43,5**

Allo stato attuale è possibile notare il rispetto dei limiti di emissione diurni assoluti in facciata ai recettori

4 VALUTAZIONE PREVISIONE DI IMPATTO ACUSTICO

4.1 Introduzione

Alla luce del citato quadro normativo di riferimento, si provvederà di seguito a valutare i possibili impatti derivanti dagli impianti esterni di prevista installazione.

Lo studio è stato condotto mediante un approccio di tipo quantitativo (mediante la generazione di apposite mappe acustiche e tabelle riepilogative dei risultati) per quanto riguarda la valutazione dei livelli di pressione sonora previsti ai ricettori presenti nelle aree limitrofe al sito oggetto di studio.

La rumorosità prevista nell'area è stata valutata considerando, a fini cautelativi, i regimi di funzionamento degli impianti ai quali sono associate le massime emissioni rumorose.

4.2 Modello di calcolo

Per valutare in via previsionale il clima acustico nell'area durante l'attività di cantiere, si è ritenuto opportuno sviluppare un modello numerico in grado di simulare la propagazione dell'onda sonora nelle zone limitrofe al sito in modo da poter stimare le variazioni di livelli di pressione sonora generate dalle lavorazioni previste.

Lo studio è stato effettuato utilizzando il software specifico SoundPlan 8.2, in grado di valutare il rumore emesso da vari tipi di sorgenti utilizzando vari standard selezionabili dall'operatore a seconda della situazione in esame. Il software previsionale acustico suddetto è in grado di eseguire l'analisi della propagazione sonora nell'ambiente esterno sulla base delle relazioni contenute nella norma ISO 9613 per quanto riguarda la modellizzazione di sorgenti puntiformi, lineari o superficiali.

I risultati sono possono essere prodotti sia in forma tabellare che in forma grafica. Per l'effettuazione della valutazione Sound Plan richiede, in ingresso, la definizione della mappa del sito interessato: tale operazione può essere effettuata importando, in formato dxf di AutoCAD, una cartina digitalizzata della zona di interesse. Lo scenario di simulazione viene implementato modellizzando tutti gli oggetti necessari per il calcolo della generazione e della propagazione del rumore, quali le sorgenti, le linee di livello, i ricettori, gli edifici e le eventuali protezioni dal rumore. Per ogni oggetto, singolarmente, vengono definiti i parametri geometrici ed acustici.

4.2.1 Definizione del modello

La variabilità del calcolo è strettamente legata alla variabilità dei dati di ingresso. Si procede di conseguenza ad implementare uno scenario ricreando nella maniera più ampia possibile la variabilità derivata strettamente dalla tipologia di sorgenti sonore considerate.

Per lo sviluppo del modello si è proceduto mediante:

- inserimento di una cartografica di base del sito oggetto di indagine: in particolare è stata utilizzata una mappa che comprende un'area che comprende i ricettori limitrofi

- inserimento sulla planimetria di base di vari edifici più o meno isolati, dei percorsi stradali e delle curve di livello relative alla morfologia del territorio;
- creazione ed inserimento delle sorgenti di rumore: nel caso specifico si inseriranno un numero sufficiente di sorgenti atte a caratterizzare la pressione sonora emessa dagli impianti e mezzi di lavoro previsti nell'area
- inserimento di punti ricevitore per la valutazione dei livelli di rumore emessi dalle sorgenti;
- predisposizione di una griglia di calcolo per la previsione di impatto acustico.

Per quanto concerne gli altri parametri introdotti nel modello di calcolo, si precisa che le simulazioni sono state effettuate supponendo le seguenti condizioni ambientali: T=20 °C e umidità pari a 70%, il tipo di terreno presente nella zona circostante l'infrastruttura, fino ai recettori, è costituito principalmente da elementi assorbenti, ma in via cautelativa, il coefficiente G, definito dalla norma per caratterizzare i vari tipi di terreno, è stato assunto pari a 0,2 (riflettivo con presenza di aree verdi). Gli altri parametri impostati nel modello di calcolo riguardano:

- la condizione di calcolare almeno n.2 riflessioni
- la condizione di un campo libero davanti alle superfici di almeno 1 m lineare
- la condizione di propagazione sottovento
- la predisposizione di una griglia i cui elementi hanno dimensioni 3x3 m.

Le isofoniche sono relative ai livelli equivalenti rilevabili ad una quota relativa di 4 m.

Il modello così realizzato si ritiene attendibile soprattutto per lo studio della variazione di pressione sonora presso i recettori.

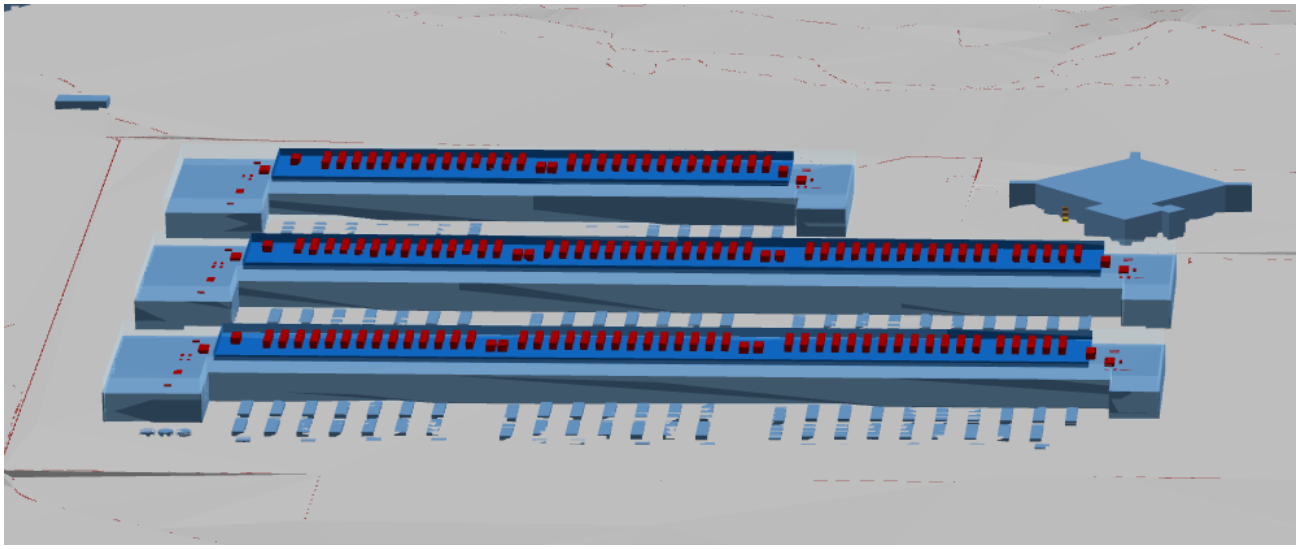


Figure 7 – Modello 3D Soundplan 8.2

4.2.2 Input Dati Acustici

I dati di input acustici del modello sono stati dedotti acquisendo le informazioni fornite dalla committenza e sotto riepilogate (vedere planimetria ARUP Job N° 313396-00):

- AIRDALE TurboChill 'V'

Tabella 14 Sound power level chillers and attenuator

	63 Hz dB	125 Hz dB	250 Hz dB	500 Hz	1000 Hz dB	2000 Hz dB	4000 Hz dB	8000 Hz dB	Lw dB(A)
Diurno	94	94	94	95	91	84	78	73	**96,2**
Notturno	92	92	92	93	89	82	76	71	**93,7**
Attenuatore	0	-4	-6	-11	-13	-13	-12	-11	-10
Diurno	94	90	88	84	78	71	66	62	**85,0**
Notturno	92	88	86	82	76	69	64	60	**83,0**

Tabella 15 Dati acustici apparecchiature

Modello apparecchiatura	Documento riferimento	N° unità	Dati acustici
9MW AHU	AHU_9MWDH	3	Lw = 82,9 dB(A)
12MW AHU	AHU_12MWDH	2	Lw = 82,5 dB(A)
AHU Condenser	FOH, BOH DH AHU Condenser Sound Data	13	Lp = 57,0 dB(A) @1m
AHU:	AHU_FoH	2	Lw = 84,6 dB(A)
MVHR	MVHR_FoH_2	2	Lw = 68,5 dB(A)
MVHR	MVHR_BoH	3	Lw = 74,2 dB(A)
VRF condensers	FOH, BOH VRF Condenser Sound Data	11	Lw = 86,5 dB(A)
DX condensers	FOH, BOH DX Condenser Sound Data	28 (18 duty/10 standby)	Lp = 51,0 dB(A) @1m
MMR CRAC Condensers	CRAC Condenser Noise data	8 ((4 duty/4 standby)	Lw = 86,0 dB(A)

Uno schermo acustico è posizionato sul tetto a limitare la propagazione del rumore generato dai chiller (in verde in figura) di altezza h = 3 m sul lato Sud e h = 5 m lato Nord.

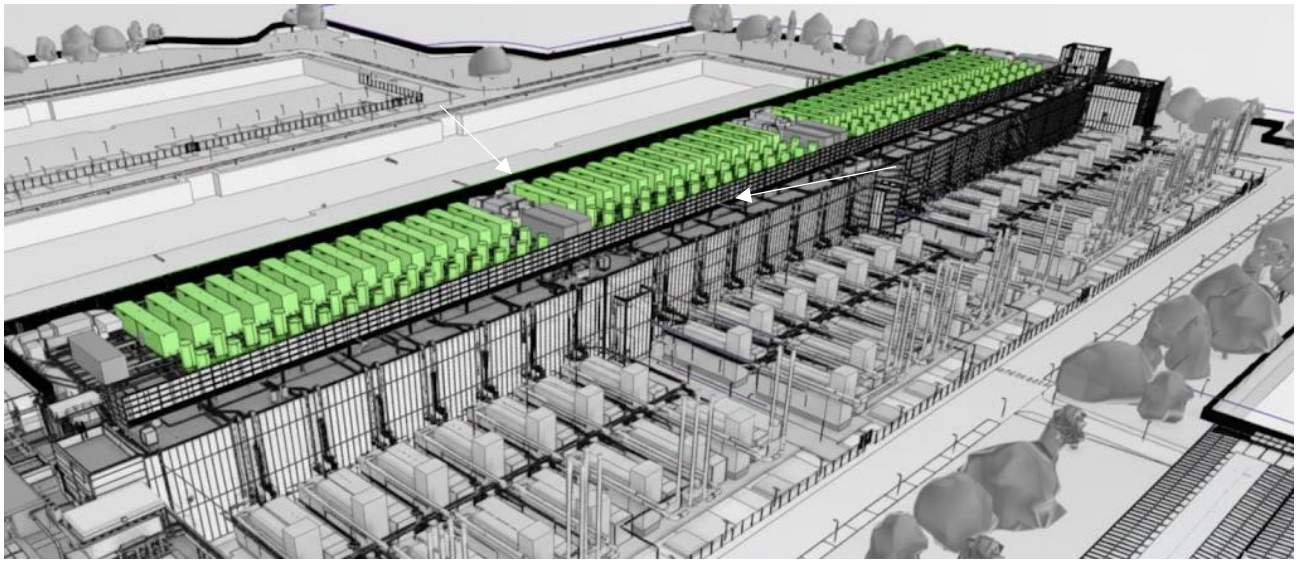


Figure 8 – Posizione dello schermo pieno e dello schermo a lamelle

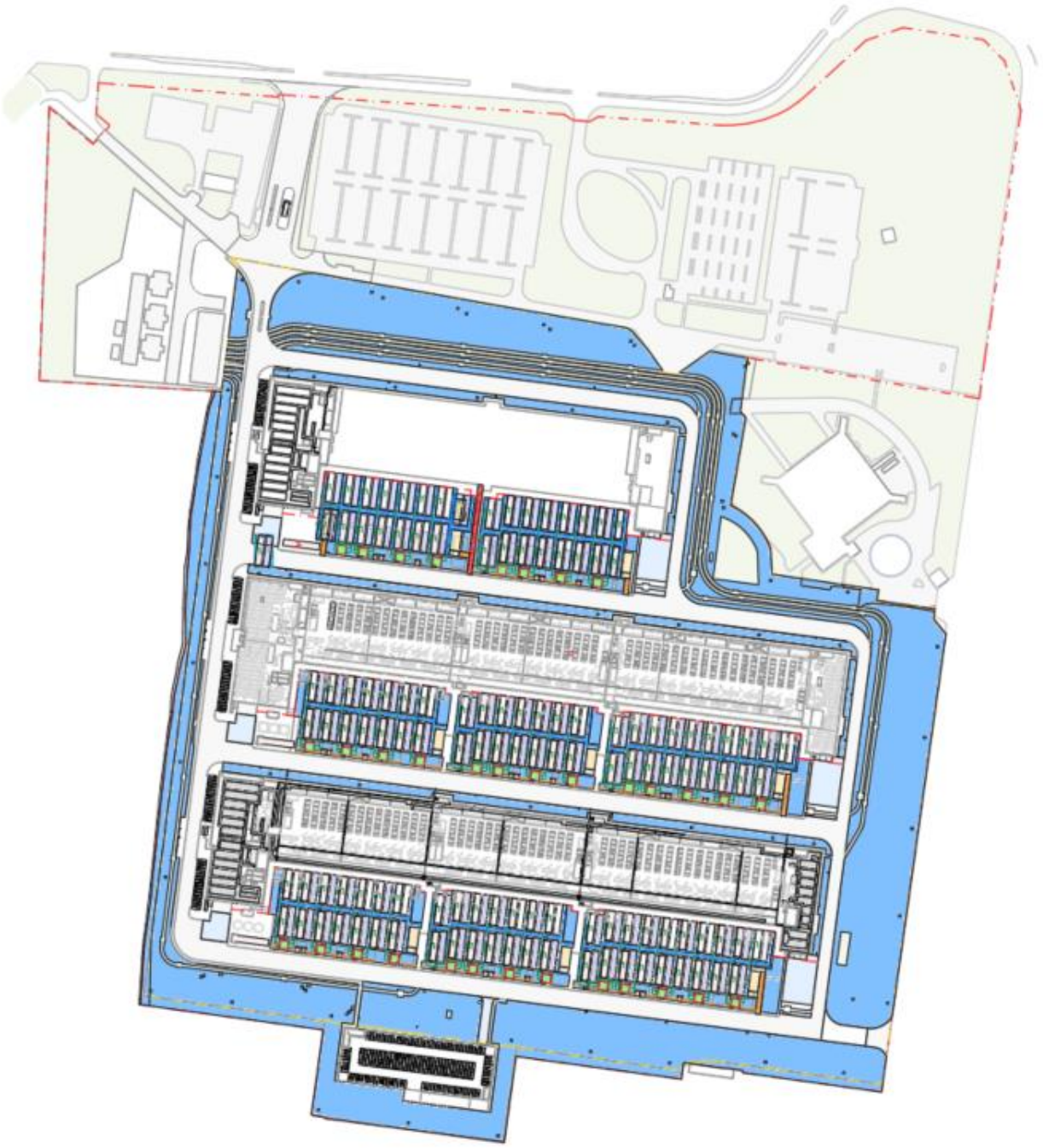


Figure 9 – Planimetria dei 3 data center

4.3 Risultati modello acustico: livelli di pressione sonora emessi

Attraverso i risultati della simulazione numerica eseguita con il software di calcolo Soundplan 8.2, è stato possibile valutare l'emissione e calcolare i livelli assoluti di immissione nello stato futuro. L'analisi della

valutazione si completa con la valutazione del differenziale e il confronto con i limiti del piano di classificazione acustica. I risultati per ogni punto di ricezione sono riferiti in ogni piano dello stesso.

I livelli di pressione sonora generati dagli impianti in funzione durante la fase di lavoro sulla facciata degli stessi ricettori sono stati calcolati in base alla distanza tra la facciata più esposta dei ricettori individuati e le aree di attività.

I livelli di pressione sonora sono stati calcolati per i diversi piani degli edifici (piano terra: gf, primo piano: 1f, secondo piano: 2f).

Tabella 16 Livelli di Emissione dei data center calcolati per periodo diurno e notturno (senza attenuatori)

Posizione	L_E Livello Emissione 16h Diurno calcolato	L_E Livello Emissione 8h Notturno calcolato
R0 - gf	49,6	47,8
R0 – 1f	50,5	48,6
R0 – 2f	51,4	49,5
R1 - gf	45,3	43,4
R1 – 1f	45,7	43,9
R2 -gf	44,6	42,7
R2 -1f	44,7	42,9
R3 -gf	46,9	45,1
R3 -1f	47,2	45,4

Tabella 17 Livelli di Emissione dei data center calcolati per periodo diurno e notturno (con attenuatori)

Posizione	L_E Livello Emissione 16h Diurno calcolato	L_E Livello Emissione 8h Notturno calcolato
R0 - gf	41,3	40,2
R0 – 1f	42,1	41,0
R0 – 2f	43,0	41,8
R1 - gf	37,3	36,3
R1 – 1f	37,8	36,8
R2 -gf	36,4	35,3
R2 -1f	36,6	35,5
R3 -gf	38,9	37,8
R3 -1f	39,2	38,1

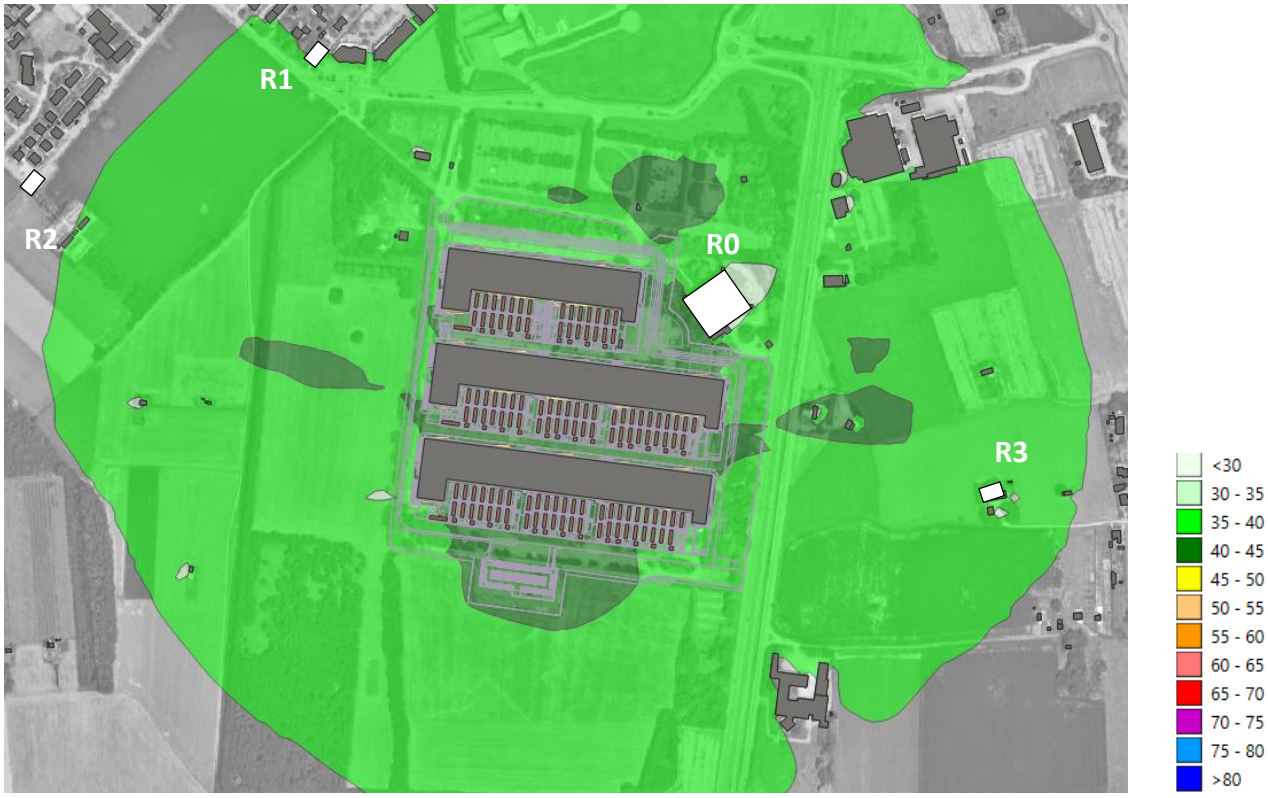


Figure 10 – Mappa Acustica periodo diurno (con attenuatori) – 4 m piano campagna

Figure 11 – Mappa Acustica periodo notturno (con attenuatori) - 4 m piano campagna

4.4 Confronto con i limiti di Emissione Stato di Progetto

4.4.1 Confronto con i limiti di Emissione (senza attenuatori)

Di seguito, i livelli di rumore calcolati da Soundplan 8.2 confrontati con i limiti di emissione

Tabella 18 Confronto con I limiti di Emissione periodo diurno

Posizione	Periodo	Classe	Limite di Emissione (Diurno 6am-10pm)	L_E Livello Emissione 1h Diurno calcolato
R0 - gf	Diurno	IV	**60**	**49,6**
R0 – 1f	Diurno	IV	**60**	**50,5**
R0 – 2f	Diurno	IV	**60**	**51,4**
R1 - gf	Diurno	III	**55**	**45,3**
R1 – 1f	Diurno	III	**55**	**45,7**
R2 -gf	Diurno	II	**50**	**44,6**
R2 -1f	Diurno	II	**50**	**44,7**
R3 -gf	Diurno	II	**50**	**46,9**
R3 -1f	Diurno	II	**50**	**47,2**

Allo stato futuro è possibile notare, in periodo diurno, il rispetto dei limiti di emissione in facciata ai recettori senza attenuatori.

Tabella 19 Confronto con i limiti di Emissione periodo notturno

Posizione	Periodo	Classe	Limite di Emissione (Notturno 22pm-6am)	L_E Livello Emissione 8h Notturno calcolato
R0 - gf	Notturno	IV	**50**	**47,8**
R0 – 1f	Notturno	IV	**50**	**48,6**
R0 – 2f	Notturno	IV	**50**	**49,5**
R1 - gf	Notturno	III	**45**	**43,4**
R1 – 1f	Notturno	III	**45**	**43,9**
R2 -gf	Notturno	II	**40**	**42,7**
R2 -1f	Notturno	II	**40**	**42,9**
R3 -gf	Notturno	II	**40**	**45,1**
R3 -1f	Notturno	II	**40**	**45,4**

Allo stato futuro è possibile notare, in periodo notturno, il mancato rispetto dei limiti di emissione in facciata ad alcuni recettori senza attenuatori.

4.4.2 Confronto con i limiti di Emissione (con attenuatori)

Di seguito, i livelli di rumore calcolati da Soundplan 8.2 confrontati con i limiti di emissione

Tabella 20 Confronto con i limiti di Emissione periodo diurno

Posizione	Periodo	Classe	Limite di Emissione (Diurno 6am-10pm)	L_E Livello Emissione 16h Diurno calcolato
R0 - gf	Diurno	IV	**60**	**41,3**
R0 – 1f	Diurno	IV	**60**	**42,1**
R0 – 2f	Diurno	IV	**60**	**43,0**
R1 - gf	Diurno	III	**55**	**37,3**
R1 – 1f	Diurno	III	**55**	**37,8**
R2 -gf	Diurno	II	**50**	**36,4**
R2 -1f	Diurno	II	**50**	**36,6**
R3 -gf	Diurno	II	**50**	**38,9**
R3 -1f	Diurno	II	**50**	**39,2**

Allo stato futuro è possibile notare il rispetto dei limiti di emissione diurni in facciata ai recettori con attenuatori.

Tabella 21 Confronto con i limiti di Emissione periodo notturno

Posizione	Periodo	Classe	Limite di Emissione (Notturno 22pm-6am)	L_E Livello Emissione 8h Notturno calcolato
R0 - gf	Notturno	IV	**50**	**40,2**
R0 – 1f	Notturno	IV	**50**	**41,0**
R0 – 2f	Notturno	IV	**50**	**41,8**
R1 - gf	Notturno	III	**45**	**36,3**
R1 – 1f	Notturno	III	**45**	**36,8**
R2 -gf	Notturno	II	**40**	**35,3**
R2 -1f	Notturno	II	**40**	**35,5**
R3 -gf	Notturno	II	**40**	**37,8**
R3 -1f	Notturno	II	**40**	**38,1**

Allo stato futuro è possibile notare il rispetto dei limiti di emissione notturna in facciata ai recettori con attenuatori.

D'ora in poi il calcolo verrà eseguito solo per lo scenario con gli attenuatori

4.5 Confronto con i limiti di Immissione Assoluta Stato di Progetto

4.5.1 Calcolo del Livello di Immissione Stato di Progetto

Al fine di valutare il livello assoluto di immissione sonora durante il periodo diurno e/o notturno delle emissioni acustiche sull'intero periodo di riferimento, è necessaria una successiva elaborazione numerica che tenga conto della durata delle attività in relazione alla lunghezza del periodo di riferimento diurno (16 ore dalle 6:00 alle 22:00) e/o notturno (8 ore dalle 22:00 alle 06:00).

Per ottenere i livelli equivalenti riferiti all'intero periodo di riferimento, si utilizzerà la seguente formula, con l'obiettivo di valutare, in base agli orari di effettiva produzione di rumore, i livelli equivalenti di LAI (Immissione Assoluta) attesi sulla facciata in corrispondenza dei ricettori:

$$L_{AI} = 10*\log[(10^{(L_R/10)} + (10^{(L_E/10)})]$$

con:

- L_R : livello di rumore residuo* (dB(A));
- L_E: livello di emissione data centers (dB(A));

* livello di rumore misurato allo stato attuale in periodo diurno o notturno

Tabella 22 Calcolo dell'Immissione Assoluta periodo diurno somma stato attuale misurato e il contributo calcolato dei data center

Posizione	L_{AI} Livello Immissione 16h Diurno misurato	L_E Livello Emissione 16h Diurno calcolato	L_{AI} Livello Immissione 16h Diurno totale calcolato
R0 - gf	50,0	41,3	50,6
R0 – 1f	50,0	42,1	50,7
R0 – 2f	50,0	43,0	50,8
R1 - gf	57,0	37,3	57,0
R1 – 1f	57,0	37,8	57,1
R2 -gf	52,5	36,4	52,6
R2 -1f	52,5	36,6	52,6
R3 -gf	50,5	38,9	50,8
R3 -1f	50,5	39,2	50,8

Tabella 23 Calcolo dell'Immissione Assoluta periodo notturno somma stato attuale misurato e il contributo calcolato dei data center

Poistion	L_{AI} Livello Immissione 8h Notturno misurato	L_E Livello Emissione 8h Notturno calcolato	L_{AI} Livello Immissione 8h Notturno totale calcolato
R0 - gf	43,6	40,2	45,2
R0 – 1f	43,6	41,0	45,5
R0 – 2f	43,6	41,8	45,8
R1 - gf	47,7	36,3	48,0
R1 – 1f	47,7	36,8	48,0
R2 -gf	43,9	35,3	44,5
R2 -1f	43,9	35,5	44,5
R3 -gf	43,5	37,8	44,5
R3 -1f	43,5	38,1	44,6

4.5.2 Confronto con i limiti di Immissione Assoluti (con attenuatori)

Di seguito i livelli totali di rumore, come somma dei livelli calcolati e dei livelli misurati, vengono confrontati con i limiti assoluti di immissione:

Tabella 24 Confronto con I limiti di Immissione Assoluti periodo diurno

Posizione	Periodo	Classe	Limite Assoluto di Immissione (Diurno 6am-10pm)	L_{AI} Livello Immissione 16h Diurno totale calcolato
R0 - gf	Diurno	IV	65	50,6
R0 – 1f	Diurno	IV	65	50,7
R0 – 2f	Diurno	IV	65	50,8
R1 - gf	Diurno	III	60	57,0
R1 – 1f	Diurno	III	60	57,1
R2 -gf	Diurno	II	55	52,6
R2 -1f	Diurno	II	55	52,6
R3 -gf	Diurno	II	55	50,8
R3 -1f	Diurno	II	55	50,8

Allo stato futuro è possibile notare il rispetto dei limiti di immissione assoluti diurni in facciata ai recettori con attenuatori.

Tabella 25 Confronto con I limiti di Immissione Assoluti periodo notturno

Posizione	Periodo	Classe	Limite Assoluto di Immissione (Notturno 10am-6pm)	L_{AI} Livello Immissione 8h Notturno totale calcolato
R0 - gf	Notturno	IV	55	45,2
R0 – 1f	Notturno	IV	55	45,5
R0 – 2f	Notturno	IV	55	45,8
R1 - gf	Notturno	III	50	48,0
R1 – 1f	Notturno	III	50	48,0
R2 -gf	Notturno	II	45	44,5
R2 -1f	Notturno	II	45	44,5
R3 -gf	Notturno	II	45	44,5
R3 -1f	Notturno	II	45	44,6

Allo stato futuro è possibile notare il rispetto dei limiti di immissione assoluti notturni in facciata ai recettori con attenuatori.

4.6 Verifica Criterio Differenziale Stato di Progetto

4.6.1 Calcolo del Livello Differenziale Stato di Progetto

I limiti di emissione differenziale, da valutare negli ambienti residenziali, prevedono che la differenza tra il rumore ambientale e il rumore residuo:

- sia inferiore a 5 dB durante il giorno;
- sia inferiore a 3 dB durante la notte.

Per rumore ambientale si intende il rumore esistente nell'area, compresa la sorgente specifica oggetto di valutazione; per rumore residuo si intende il rumore esistente nell'area senza la sorgente specifica oggetto di valutazione.

Le disposizioni di cui sopra non si applicano nei seguenti casi, in quanto qualsiasi effetto del rumore deve essere considerato trascurabile:

- se il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) durante il giorno e a 40 dB(A) durante la notte;
- se il livello di rumore ambientale misurato a finestre chiuse è inferiore a 35 dB(A) durante il giorno e a 25 dB(A) durante la notte;

alle aree esclusivamente industriali di Classe VI.

Come misura precauzionale, è stata effettuata una stima del livello differenziale in facciata ai gruppi di recettori identificati, assumendo che il rispetto del limite in facciata garantisca il rispetto all'interno dei locali abitati. Questo valore si ottiene confrontando il livello di emissione istantaneo con il livello di rumore residuo valutato all'esterno.

Infine, per ottenere i livelli di immissione differenziali LD attesi sulla facciata dei ricettori, è stata utilizzata la seguente differenza numerica (e non logaritmica):

$$\mathbf{LD} = \underset{\substack{\text{Livello Immissione}\\ \text{totale calcolato}}}{L_{AI}} - \underset{\substack{\text{Livello Immissione}\\ \text{misurato}}}{L_{AI}}$$

Al fine di valutare di valutare cautelativamente il rispetto del criterio differenziale sono stati individuate presso ciascun ricettore le ore più silenziose in periodo diurno:

- R0: 44,2dB(A) (21:00–22:00)
- R1: 51,6 dB(A) (21:00–22:00)
- R2: 47,0 dB(A) (20:00–21:00)
- R3: 47,4 dB(A) (21:00–22:00)

e in periodo notturno:

- R0: 41,1 dB(A) (03:00–04:00)
- R1: 40,8 dB(A) (03:00–04:00)
- R2: 40,1 dB(A) (01:00–02:00)
- R3: 38,2 dB(A) (03:00–04:00)

mentre in periodo di cantiere l'ora più silenziosa risulta essere:

- R0: 48,5 dB(A) (12:00–13:00)
- R1: 56,1 dB(A) (11:00–12:00)
- R2: 48,9 dB(A) (18:00–19:00)
- R3: 49,2 dB(A) (16:00–17:00)

4.6.2 Verifica Criterio Differenziale Stato di Progetto

Nella tabella sottostante, il livello differenziale è stato calcolato come differenza tra i livelli di emissione misurati I livelli di emissione totali sono stati calcolati e confrontati con i limiti:

Tabella 26 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale in periodo diurno (ora più silenziosa)

Posizione	Periodo	L_{AI} Livello Residuo ora silenziosa Diurno misurato	L_E Livello Emissione 1h Diurno calcolato	L_{AI} Livello Immissione 1h Diurno totale calcolato	Limite	LD
R0 - gf	Diurno	44,2	41,3	46,0	5	1,8
R0 – 1f	Diurno	44,2	42,1	46,3	5	2,1
R0 – 2f	Diurno	44,2	43,0	46,7	5	2,5
R1 - gf	Diurno	51,6	37,3	51,8	5	0,2
R1 – 1f	Diurno	51,6	37,8	51,8	5	0,2
R2 -gf	Diurno	47,0	36,4	47,4	5	0,4
R2 -1f	Diurno	47,0	36,6	47,4	5	0,4
R3 -gf	Diurno	47,4	38,9	48,0	5	0,6
R3 -1f	Diurno	47,4	39,2	48,0	5	0,6

Allo stato futuro è possibile notare il rispetto del Criterio Differenziale in periodo diurno in facciata ai recettori.

Tabella 27 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale periodo notturno (ora più silenziosa)

Posizione	Periodo	L_{AI} Livello Residuo ora silenziosa Notturno misurato	L_E Livello Emissione 1h Notturno calcolato	L_{AI} Livello Immissione 1h Notturno totale calcolato	Limite	LD
R0 - gf	Notturno	41,1	40,2	43,7	3	2,6
R0 – 1f	Notturno	41,1	41,0	44,1	3	3,0
R0 – 2f	Notturno	41,1	41,8	44,5	3	3,4
R1 - gf	Notturno	40,8	36,3	42,1	3	1,3
R1 – 1f	Notturno	40,8	36,8	42,3	3	1,5
R2 -gf	Notturno	40,1	35,3	41,3	3	1,2
R2 -1f	Notturno	40,1	35,5	41,4	3	1,3
R3 -gf	Notturno	38,2	37,8	41,0	3	2,8
R3 -1f	Notturno	38,2	38,1	41,2	3	3,0

Allo stato futuro è possibile notare il rispetto del Criterio Differenziale in periodo notturno in facciata ai recettori eccetto che al ricettore R0 ed al ricettore R3 presso il quale si osserva una situazione limite. A tal proposito si osserva che l'edificio R0 è adibito ad uso uffici e non abitato in periodo notturno mentre presso il ricettore R3 sebbene il confronto mostri valore previsto di immissione differenziale pari al limite normativo (3dB in periodo notturno), si evidenzia che la verifica è stata condotta in facciata in via cautelativa. In

ambiente abitativo, a finestra aperta, è attesa una riduzione di alcuni dB(A) (empiricamente e da letteratura compresa tra 3 e 6 dB(A)) rispetto al livello in facciata; pertanto, nei casi in cui il livello notturno in facciata risulti di poco superiore a 40 dB(A), il corrispondente livello indoor ricade sicuramente sotto la soglia di 40 dB(A) prevista per l'inapplicabilità del criterio differenziale.

4.7 Numero minimo di attenuatori

In questo paragrafo è indicato quali e qual è il numero minimo di attenuatori da installare per rispettare i limiti.

In totale sono stati installati 120 chiller (28 su DC1, 46 su DC 2 e 46 su DC). Per raggiungere il limite minimo di conformità ai limiti, è necessario prevedere attenuatori su tutti i chiller del DC1, 39 sul DC2 e 32 sul DC3 secondo lo schema riportato in figura.

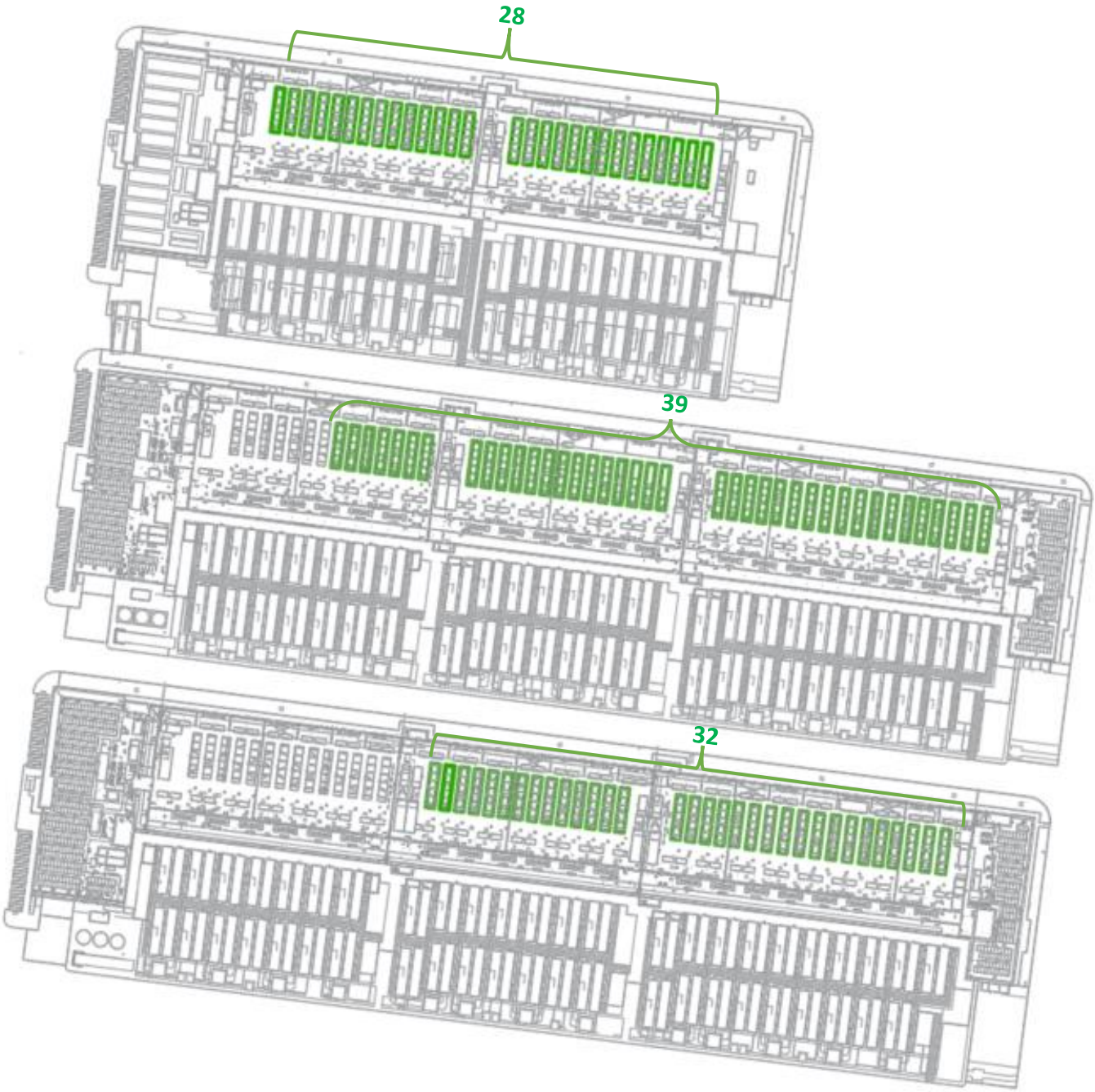


Figure 12 – Chillers con attenuatori (numero minimo e posizione in verde)

Di seguito, i livelli di rumore calcolati da Soundplan 8.2 confrontati con i limiti di emissione nel caso di un numero minimo di attenuatori per rispettare il limite:

Tabella 28 Confronto con il limite di Emissione periodo diurno

Posizione	Periodo	Classe	Limite di Emissione (Diurno 6am-10pm)	L_E Livello Emissione 16h Diurno calcolato
R0 - gf	Diurno	IV	**60**	**43,3**
R0 – 1f	Diurno	IV	**60**	**44,2**
R0 – 2f	Diurno	IV	**60**	**45,1**
R1 - gf	Diurno	III	**55**	**39,8**
R1 – 1f	Diurno	III	**55**	**40,4**
R2 -gf	Diurno	II	**50**	**40,2**
R2 -1f	Diurno	II	**50**	**40,3**
R3 -gf	Diurno	II	**50**	**41,1**
R3 -1f	Diurno	II	**50**	**41,4**

Tabella 29 Confronto con il limite di Emissione periodo notturno

Posizione	Periodo	Classe	Limite di Emissione (Diurno 6am-10pm)	L_E Livello Emissione 8h Notturno calcolato
R0 - gf	Notturno	IV	**50**	**41,7**
R0 – 1f	Notturno	IV	**50**	**42,5**
R0 – 2f	Notturno	IV	**50**	**43,4**
R1 - gf	Notturno	III	**45**	**38,3**
R1 – 1f	Notturno	III	**45**	**38,9**
R2 -gf	Notturno	II	**40**	**38,5**
R2 -1f	Notturno	II	**40**	**38,6**
R3 -gf	Notturno	II	**40**	**39,6**
R3 -1f	Notturno	II	**40**	**39,9**

Nel caso in cui venga installato un numero minimo di attenuatori per rispettare i limiti, il recettore più esposto al superamento del limite di emissione è il recettore R3 durante la notte (con valori previsionali poco al di sotto del limite di emissione assoluta previsti dalla normativa).

Nella tabella seguente, il livello differenziale è stato calcolato come differenza tra i livelli di emissione misurati Livelli di emissione totali calcolati e confrontati con i limiti nel caso di un numero minimo di attenuatori per rispettare il limite:

Tabella 30 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale periodo diurno

Posizione	Periodo	L_{AI} Livello Residuo ora silenziosa Diurno misurato	L_E Livello Emissione 1h Diurno calcolato	L_{AI} Livello Immissione 1H Diurno totale calcolato	Limite	LD
R0 - gf	Diurno	44,2	43,3	46,8	5	2,6
R0 – 1f	Diurno	44,2	44,2	47,2	5	3,0
R0 – 2f	Diurno	44,2	45,1	47,7	5	3,5
R1 - gf	Diurno	51,6	39,8	51,9	5	0,3
R1 – 1f	Diurno	51,6	40,4	51,9	5	0,3
R2 -gf	Diurno	47,0	40,2	47,8	5	0,8
R2 -1f	Diurno	47,0	40,3	47,8	5	0,8
R3 -gf	Diurno	47,4	41,1	48,3	5	0,9
R3 -1f	Diurno	47,4	41,4	48,4	5	1,0

Tabella 31 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale periodo notturno

Posizione	Periodo	L_{AI} Livello Residuo ora silenziosa Notturno misurato	L_E Livello Emissione 1h Notturno calcolato	L_{AI} Livello Immissione 1h Notturno totale calcolato	Limite	LD
R0 - gf	Notturno	41,1	41,7	44,4	3	3,3
R0 – 1f	Notturno	41,1	42,5	44,9	3	3,8
R0 – 2f	Notturno	41,1	43,4	45,4	3	4,3
R1 - gf	Notturno	40,8	38,3	42,7	3	1,9
R1 – 1f	Notturno	40,8	38,9	43,0	3	2,2
R2 -gf	Notturno	40,1	38,5	42,4	3	2,3
R2 -1f	Notturno	40,1	38,6	42,4	3	2,3
R3 -gf	Notturno	38,2	39,6	42,0	3	3,8
R3 -1f	Notturno	38,2	39,9	42,1	3	3,9

Nel caso in cui venga installato un numero minimo di attenuatori per rispettare i limiti, i recettori più esposti al superamento del differenziale sono il recettore R0 e il recettore R2 durante la notte ai piani più alti (casi limite in rosso).

4.8 Test generatori

4.8.1 Caratteristiche generatori

Ciascuno dei generatori è installato in un container/box insonorizzato in grado di garantire una pressione sonora ad 1 m pari a Lp@1m = 85 dB(A).

In totale sono installati 126 generatori.

4.8.2 Modalità di esecuzione dei test

I generatori sono testati annualmente e mensilmente secondo le seguenti procedure e durate in solo periodo diurno:

- Test mensile: tutti i generatori vengono testati singolarmente per 10 minuti al mese.
- Test annuale: tutti i generatori sono stati testati singolarmente per 90 minuti complessivi con le modalità e le durate seguenti:
- Carico del generatore al 25%, funziona per 15 minuti;
- Carico del generatore aumentato al 50%, funzionamento per 15 minuti;
- Carico del generatore aumentato al 100%, funzionamento per 60 minuti;

4.8.3 Verifica dell'impatto del test generatori

Al fine della verifica del test dei generatori sono stati analizzati 4 casi, ciascun caso è relativo al test di un generatore nella postazione più vicina al perimetro dell'area di indagine per ciascuno dei quattro lati (vedere figura 13) risultando queste le posizioni più critiche in termini di emissioni acustiche a causa della distanza minima dai ricettori di riferimento.

Nella tabella si riportano i livelli di pressione sonora emessi ai ricettori a confronto con i livelli di immissione calcolati ai ricettori nello scenario di progetto nel funzionamento a regime dei data center:

Tabella 32 Confronto dei livelli di pressione sonora emessi dai Test con i livelli di emissione nello scenario di progetto

Posizione	$L_{p,E}$ TEST_1 Livello Emissione Diurno calcolato	$L_{p,E}$ TEST_2 Livello Emissione Diurno calcolato	$L_{p,E}$ TEST_3 Livello Emissione Diurno calcolato	$L_{p,E}$ TEST_4 Livello Emissione Diurno calcolato	L_{AI} Livello Immissione Diurno totale calcolato
R0 - gf	29,7	40,7	22,1	25,8	50,5
R0 – 1f	33,4	42,5	22,2	25,8	50,6
R0 – 2f	34,2	43,0	22,6	25,8	50,8
R1 - gf	25,0	19,7	20,4	15,7	57,0
R1 – 1f	26,5	19,7	20,4	15,7	57,1
R2 -gf	38,4	18,3	32,0	14,0	52,6
R2 -1f	38,5	18,4	32,1	13,9	52,6
R3 -gf	23,5	35,4	28,4	28,9	50,8
R3 -1f	24,3	35,6	29,3	30,9	50,8

I livelli di emissione di pressione sonora generati nei test dei singoli compressori ubicati nelle posizioni più critiche rispetto ai ricettori di riferimento risultano essere inferiori di 10 dB(A) rispetto ai livelli equivalenti di rumore immessi calcolati per lo scenario di progetto nel funzionamento a regime dei data center. Il contributo dei test dei compressori può ritenersi ininfluente ai fini della valutazione dell'impatto acustico.

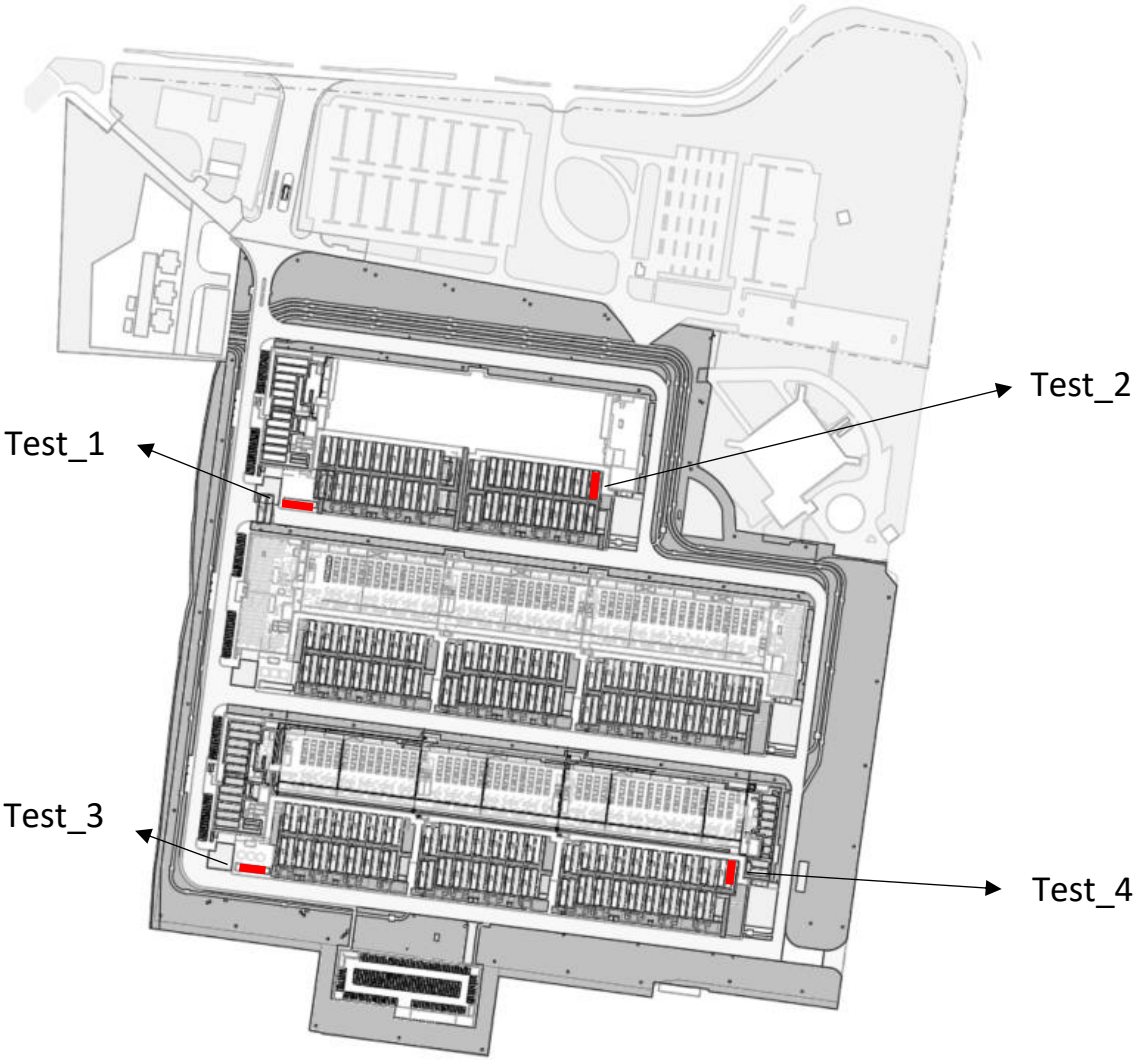


Figure 13 – Ubicazione dei compressori implementati nel modello nei diversi scenari di test

5 VALUTAZIONE PREVISIONE DI IMPATTO ACUSTICO – FASE DI CANTIERE

5.1 Premessa

La metodologia assunta per l'analisi delle interferenze rispetto al clima acustico riferita alla fase di cantierizzazione si basa sulla teoria del "Worst Case Scenario". Tale metodo individua la condizione operativa di cantiere più gravosa in termini di emissioni acustiche sul territorio in modo che verificandone le condizioni di esposizione del territorio al rumore indotto rispetto ai limiti acustici territoriali possano essere individuate le eventuali soluzioni di mitigazione più opportune al fine di contenere il disturbo sui ricettori più esposti.

Analogamente a quanto descritto nel capitolo dedicato alla fase di esercizio, la valutazione è stata effettuata utilizzando il software specifico SoundPlan 8.2: le sorgenti considerate negli scenari (macchine operatrici e transiti di autocarri all'interno dell'area di cantiere) sono state modellate in conformità con la norma ISO 9613 mentre per le sorgenti stradali è stato utilizzato il modello NPBM –Routes 2008.

5.2 Cronoprogramma di cantiere

Di seguito si riporta il cronoprogramma di cantiere con l'indicazione delle fasi lavorative e gli scenari 1 e 2 (Worst Case Scenario) che sono stati valutati in termini di impatto acustico.

CRONOPROGRAMMA ARUP VIMERCATE

		Anno 1				Anno 2				Anno 3				Anno 4			
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Operazioni preliminari	fase 3-4: demolizioni, scavi, bonifica		A	A													
Allacci elettrici (esterni)	fase 1: costruzione (cavidotto provvisorio)		B	B				B	B								
	fase 2: costruzione (cavidotto definitivo)							B	B								
Realizzazione Linea AT	Preparazione PTO (presa di potenza)																
	Definizione, verifiche impianti (OFCI)																
	costruzione linea AT							D	D								
	cablaggi e collegamenti																
Sottostazione Elettrica	Costruzione sottostazione							E	E								
	realizzazione collegamenti elettrici																
Data Center	Definizione, verifiche impianti (OFCI)																
	Costruzione edifici e strutture							C	C								
	realizzazione collegamenti elettrici																

SCENARIO 01

A - scavo, movimentazione terre
B - costruzione cavidotto

SCENARIO 02

B - costruzione cavidotto
C - costruzione e allestimento dei fabbricati
D - costruzione linea AT
E - costruzione sottostazione elettrica

5.3 Dati di input e definizione degli scenari

5.3.1 Fasi di cantiere

Le attività che nella fase di cantiere potranno generare il maggior contributo in termini di impatto acustico possono essere riconducibili alle operazioni di:

- scavo e movimentazione terre e realizzazione di pali di fondazioni:
- costruzione e allestimento dei fabbricati:

Nello specifico sono stati simulati n.2 scenari, relativi ai momenti di massimo potenziale disturbo ai ricettori ubicati in prossimità del sito:

- Scenario 1:

  A - scavo, movimentazione terre;

  B – realizzazione cavidotto;

- Scenario 2:

  B – realizzazione cavidotto esterno al sito;

  C – costruzione e allestimento dei fabbricati;

  D – realizzazione linea AT;

  E – costruzione sottostazione elettrica;

La suddivisione della giornata lavorativa su 2 turni (mattutino 07-13, pomeridiano 14-19) con la presenza di circa 600 addetti suddivisi sui 2 turni e di circa 50 addetti per la gestione suddivisi nei due turni diurni.

5.3.2 Macchine Operatrici

I dati di ingresso forniti per la realizzazione dei manufatti prevede l'impiego di circa 150 mezzi interni al cantiere (gru, escavatori, dumper, carrelli elevatori, sollevatori telescopici, finitrici) che saranno trasportati all'inizio dei lavori e che verranno assunti come domanda aggiuntiva "una tantum" nello scenario iniziale.

Tabella 33 Mezzi d'opera e potenza acustica fase di scavo movimentazione terre

Mezzi	Sigla	Lw dB(A)
[1] Escavatore	ESC	105,0
[2] Autocarro	AUT	101,0
[3] Pala Meccanica	PAL	104,0
[4] Autobetoniera	AUB	104,0
[5] Autogrù	AUG	104,0

Le sorgenti attive nelle lavorazioni sopra elencate, e incluse nelle simulazioni previsionali eseguite, sono indicate nella tabella di seguito, con i relativi dati di potenza sonora (desunti da misure effettuate presso analoghi cantieri, da dati bibliografici, da dati tecnici delle macchine, o da valori massimi prescritti dalla normativa) e le tempistiche di lavorazione previste.

Scavo e movimentazione terre

Tabella 34 Mezzi d'opera e potenza acustica fase di scavo movimentazione terre

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[1] Escavatore	105,0	8	12	103,8
[2] Autocarro	101,0	8	12	99,8
[3] Pala Meccanica	104,0	6	12	102,8
[5] Autogrù	104,0	2	12	102,8
		18		

Costruzione cavidotto

Tabella 35 Mezzi d'opera e potenza acustica fase costruzione cavidotto

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[1] Escavatore	105,0	1	12	103,8
[2] Autocarro	101,0	2	12	99,8
		3		

Costruzione e allestimento

Tabella 36 Mezzi d'opera e potenza acustica fase costruzione e allestimento

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[5] Autogrù	104,0	3	12	102,8
[2] Autocarro	101,0	6	12	99,8
[4] Autobetoniera	104,0	3	12	102,8
		12		

Costruzione Linea AT

Tabella 37 Mezzi d'opera e potenza acustica fase costruzione linea AT

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[1] Escavatore	105,0	2	12	103,8
[2] Autocarro	101,0	4	12	99,8
		6		

Costruzione sottostazione elettrica

Tabella 38 Mezzi d'opera e potenza acustica fase costruzione linea AT

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[5] Autogrù	104,0	1	12	102,8
[2] Autocarro	101,0	2	12	99,8
[4] Autobetoniera	104,0	1	12	102,8
		4		

Nelle figure successive si riporta la posizione dei singoli mezzi per scenari con il suffisso per l'assegnazione della fase lavorativa (**S**: scavo e movimentazione terre, **C**: costruzione cavidotto, **A**: costruzione e allestimento dei fabbricati, **L**: costruzione linea AT, **E**: costruzione sottostazione elettrica)

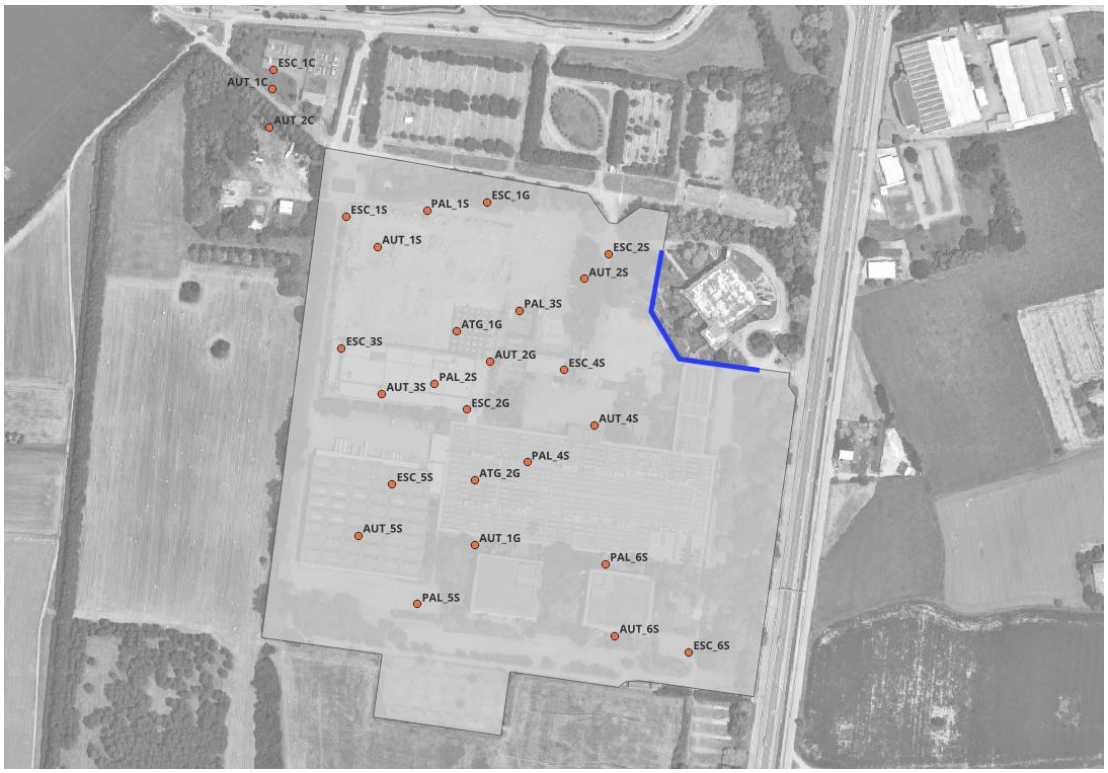


Figure 14 – Ubicazione macchine di cantiere scenario 1

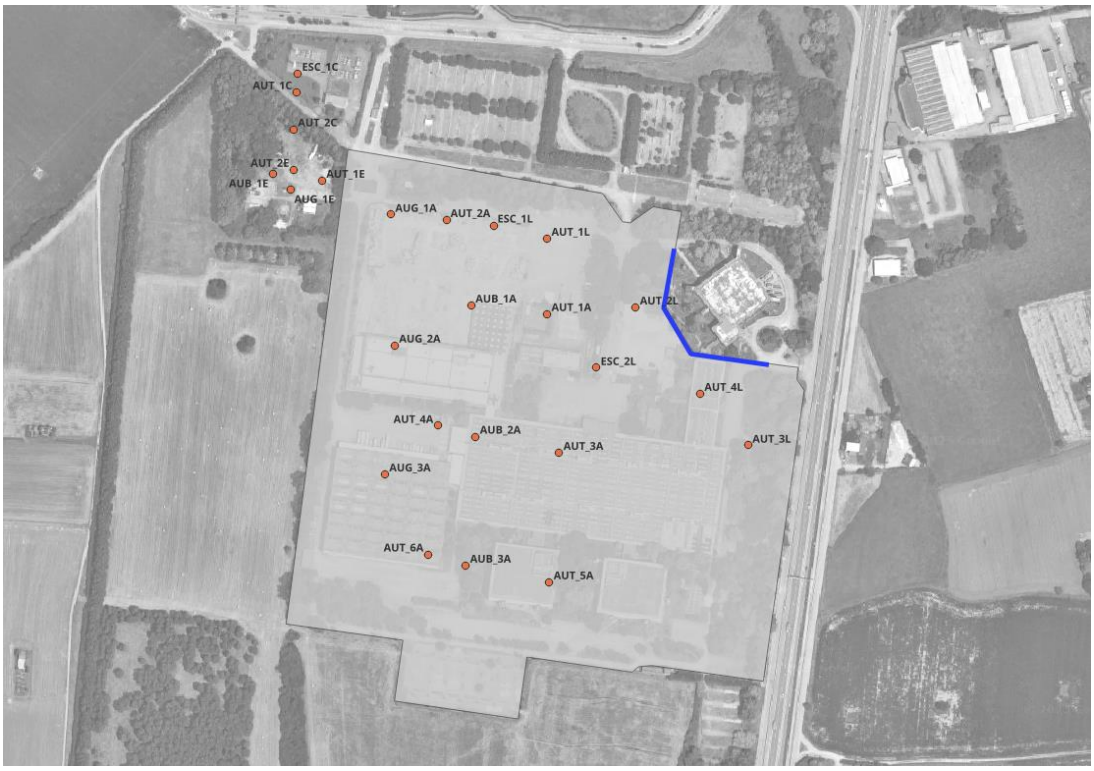


Figure 15 – Ubicazione macchine di cantiere scenario 2

5.3.3 Traffico Indotto

Nelle simulazioni effettuate si è proceduto ad includere il traffico di mezzi di cantiere nello studio dedicato studio del traffico che indica:

- Ingresso di veicoli per la preparazione del sito (20%) – 30 veicoli input (ovvero 150x20%)
- Trasporto giornaliero materiali e terre tramite furgoni (50%) – 90 veicoli input (ovvero 180x50%)
- Trasporto giornaliero materiali e terre tramite autocarri (20%) – 36 veicoli input (ovvero 180x20%)
- Trasporto giornaliero materiali e terre tramite autoarticolati (30%) – 54 veicoli input (ovvero 180x30%)
- Trasporto di lavoratori tramite furgoni tipo "Transit" (capacità di 2,5 lavoratori) – 240 veicoli input (ovvero 600/2,5)

per un totale previsto per la fase di cantiere è pari a **450 mezzi/giorno**.

Figure 16 – Percorso traffico indotto all'interno dell'area di cantiere

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato TA1-DCZZ-ARP-EIA-ZZZ-ZZ-RP-G-0010 "Relazione Traffico".

5.4 Misure di prevenzione e mitigazione – Procedure operative

Durante le fasi di realizzazione delle opere verranno applicate generiche procedure operative per il contenimento dell'impatto acustico generato dalle attività di cantiere. In particolare, verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature. Dovranno essere previste opere di contenimento dell'impatto acustico da adottare nelle situazioni esecutive più comuni, misure che riguardano in particolar modo l'organizzazione del lavoro nel cantiere e l'analisi dei comportamenti delle maestranze per evitare rumori inutili. In particolare, è necessario garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari ed impianti di minima rumorosità intrinseca.

La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte di rumore può essere ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e, infine, intervenendo quando possibile sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere.

In tale ottica saranno rispettare le seguenti prescrizioni:

selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali;

- impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate;
- utilizzo di impianti fissi schermati (vedere posizione barriera in blu figure 14, 15 e 16);
- utilizzo di compressori di recente fabbricazione e insonorizzati.

In particolare, i macchinari e le attrezzature utilizzate in fase di cantiere saranno silenziate secondo le migliori tecnologie per minimizzare le emissioni sonore in conformità al DM 01/04/04 "Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale": il rispetto di quanto previsto dal D.M. 01/04/94 è prescrizione operativa a carico dell'Appaltatore.

Le principali azioni di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature volte al contenimento del rumore sono:

- eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione;
- sostituzione dei pezzi usurati soggetti giochi meccanici;
- controllo e serraggio delle giunzioni;
- bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive;
- verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;

- svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.

Le principali modalità in termini operazionali e di predisposizione del cantiere risultano essere:

- imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati...);
- divieto di uso scorretto degli avvisatori acustici, sostituendoli possibilmente con avvisatori luminosi;
- divieto d'uso contemporaneo di macchinari particolarmente rumorosi;
- adozione di accortezze operative quali l'ottimizzazione dei tempi di lavorazione;
- limitazione allo stretto necessario delle attività nelle prime/ultime ore del periodo diurno (6÷8 e 20÷22);
- impiego di attrezzature o tecniche caratterizzate da minime emissioni di vibrazioni (martelli pneumatici a potenza regolabile, sistemi a rotazione anziché a percussione, ecc.).

Per quanto riguarda, invece, il traffico indotto dai mezzi d'opera, si evidenzia che qualora si dovessero determinare delle situazioni di particolare criticità dal punto di vista acustico, potrà essere previsto il ricorso all'utilizzo di barriere antirumore di tipo mobile, in grado di essere rapidamente movimentate da un luogo all'altro. In particolare, si tratta di barriere fonoassorbenti, generalmente realizzate con pannelli modulari in calcestruzzo alleggerito con fibra di legno mineralizzato e montate su un elemento prefabbricato di tipo new-jersey, posto su di un basamento in cemento armato.

E' prevista l'installazione di una barriera acustica dell'altezza di 5 m edi lunghezza pari a 180 in facciata al ricettore R0.

5.5 Risultati modello acustico: livelli di pressione sonora emessi

Attraverso i risultati della simulazione numerica eseguita con il software di calcolo Soundplan 8.2, è stato possibile valutare l'emissione e calcolare i livelli assoluti di immissione nello scenario di cantiere per le due fasi di lavoro maggiormente impattanti. L'analisi della valutazione si completa con la valutazione del differenziale e il confronto con i limiti del piano di classificazione acustica.

I livelli di pressione sonora sono stati calcolati per i diversi piani degli edifici (piano terra: gf, primo piano: 1f, secondo piano: 2f).

Tabella 39 Livelli di Emissione in fase di cantiere calcolati - periodo diurno

Posizione	L_E Livello Emissione 16h Diurno calcolato		L_E Livello Emissione ora peggiore Diurno calcolato	
	Scenario_1	Scenario_2	Scenario_1	Scenario_2
R0 - gf	55,7	54,8	57,0	56,0
R0 – 1f	58,4	57,7	59,7	58,9
R0 – 2f	59,9	59,6	61,1	60,8
R1 - gf	54,0	54,4	55,2	55,7
R1 – 1f	54,2	54,7	55,4	55,9
R2 -gf	48,8	48,8	50,0	50,0
R2 -1f	48,9	48,9	50,1	50,1
R3 -gf	50,0	49,2	51,2	50,5
R3 -1f	50,1	49,4	51,3	50,6

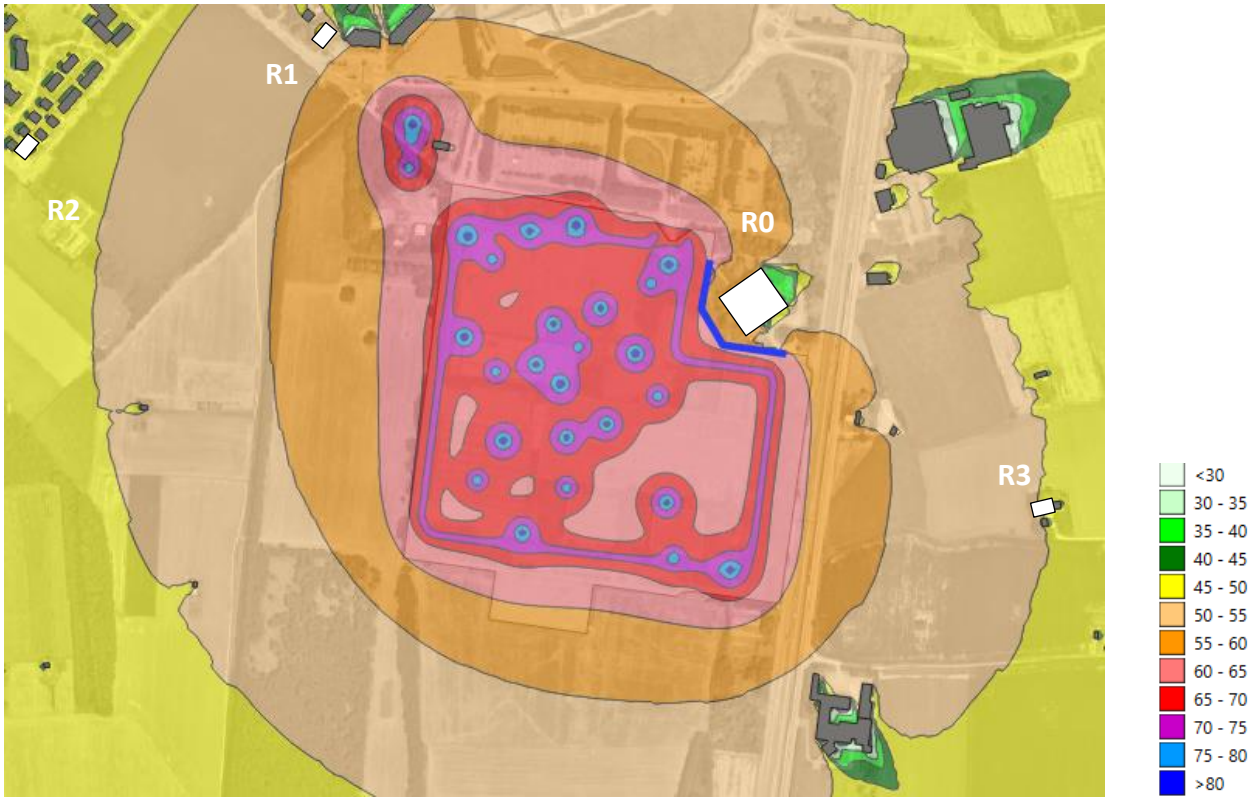


Figure 17 – Mappa Acustica periodo diurno (Scenario_1 Cantiere)

Figure 18 – Mappa Acustica periodo diurno (Scenario_2 Cantiere)

5.6 Confronto con i limiti di Emissione Fase di Cantiere

Di seguito, i livelli di rumore calcolati da Soundplan 8.2 confrontati con i limiti di emissione

Tabella 40 Confronto con I limiti di Emissione periodo diurno

Posizione	Periodo	Classe	Limite di Emissione (Diurno 6am-10pm)	L_E Livello Emissione 1h Diurno calcolato	
				Scenario_1	Scenario_2
R0 - gf	Diurno	IV	60	55,7	54,8
R0 – 1f	Diurno	IV	60	58,4	57,7
R0 – 2f	Diurno	IV	60	59,9	59,6
R1 - gf	Diurno	III	55	54,0	54,4
R1 – 1f	Diurno	III	55	54,2	54,7
R2 -gf	Diurno	II	50	48,8	48,8
R2 -1f	Diurno	II	50	48,9	48,9
R3 -gf	Diurno	II	50	50,0	49,2
R3 -1f	Diurno	II	50	50,1	49,4

I limiti di Emissione in periodo diurno nello scenario di cantiere definito Scenario_1 non sono rispettati in facciata al ricettore R3 in periodo diurno.

5.7 Confronto con i limiti di Imissione Assoluta Fase di Cantiere

5.7.1 Calcolo del Livello di Immissione Fase di Cantiere

Tabella 41 Calcolo dell'Immissione Assoluta periodo diurno somma tra stato attuale misurato e il contributo Scenario_1 e Scenario_2

Posizione	L_{AI} Livello Immissione 16h Diurno misurato	L_E Livello Emissione 16h Diurno calcolato		L_{AI} Livello Immissione 16h Diurno totale calcolato	
		Scenario_1	Scenario_2	Scenario_1	Scenario_2
R0 - gf	50,0	55,7	54,8	56,8	56,0
R0 – 1f	50,0	58,4	57,7	59,0	58,4
R0 – 2f	50,0	59,9	59,6	60,3	60,0
R1 - gf	57,0	54,0	54,4	58,7	58,9
R1 – 1f	57,0	54,2	54,7	58,8	59,0
R2 -gf	52,5	48,8	48,8	54,0	54,0
R2 -1f	52,5	48,9	48,9	54,1	54,1
R3 -gf	50,5	50,0	49,2	53,2	52,9
R3 -1f	50,5	50,1	49,4	53,3	53,0

5.7.2 Confronto con i limiti di Immissione Assoluti Fase di Cantiere

Di seguito i livelli totali di rumore, come somma dei livelli calcolati e dei livelli misurati, vengono confrontati con i limiti assoluti di immissione:

Tabella 42 Confronto con I limiti di Immissione Assoluti periodo diurno

Posizione	Periodo	Classe	Limite Assoluto di Immissione (Diurno 6am-10pm)	L_{AI} Livello Immissione 16h Diurno totale calcolato	
				Scenario_1	Scenario_2
R0 - gf	Diurno	IV	65	56,8	56,0
R0 – 1f	Diurno	IV	65	59,0	58,4
R0 – 2f	Diurno	IV	65	60,3	60,0
R1 - gf	Diurno	III	60	58,7	58,9
R1 – 1f	Diurno	III	60	58,8	59,0
R2 -gf	Diurno	II	55	54,0	54,0
R2 -1f	Diurno	II	55	54,1	54,1
R3 -gf	Diurno	II	55	53,2	52,9
R3 -1f	Diurno	II	55	53,3	53,0

I limiti di Immissione Assoluti in periodo diurno negli scenari di cantiere definiti Scenario_1 e Scenario _2 sono rispettati in facciata a tutti i ricettori individuati.

5.8 Verifica Criterio Differenziale Fase di Cantiere

5.8.1 Verifica Criterio Differenziale Stato di Progetto

Nella tabella sottostante, il livello differenziale è stato calcolato come differenza tra i livelli di emissione misurati I livelli di emissione totali sono stati calcolati e confrontati con i limiti:

Tabella 43 Calcolo e verifica del Criterio Differenziale in periodo diurno

Posizione	Periodo	L_{AI} Livello Residuo ora silenziosa Diurno misurato	L_E Livello Emissione ora peggiore Diurno calcolato		L_{AI} Livello Immissione ora peggiore totale calcolato		Limite	LD	
			Scenario_1	Scenario_2	Scenario_1	Scenario_2		Scenario_1	Scenario_2
R0 - gf	Diurno	48,5	57,0	56,0	57,6	56,7	5	9,1	8,2
R0 – 1f	Diurno	48,5	59,7	58,9	60,0	59,3	5	11,5	10,8
R0 – 2f	Diurno	48,5	61,1	60,8	61,4	61,1	5	12,9	12,6
R1 - gf	Diurno	56,1	55,2	55,7	58,7	58,9	5	2,6	2,8
R1 – 1f	Diurno	56,1	55,4	55,9	58,8	59,0	5	2,7	2,9
R2 -gf	Diurno	48,9	50,0	50,0	52,5	52,5	5	3,6	3,6
R2 -1f	Diurno	48,9	50,1	50,1	52,6	52,6	5	3,7	3,7
R3 -gf	Diurno	49,2	51,2	50,5	53,3	52,9	5	4,1	3,7
R3 -1f	Diurno	49,2	51,3	50,6	53,4	53,0	5	4,2	3,8

Il rispetto del Criterio Differenziale in periodo diurno negli scenari di cantiere definiti Scenario_1 e Scenario_2 non è rispettato in facciata al solo ricettore R0.

5.9 Deroga per attività rumorosa temporanea

Come previsto da quanto contenuto al Capitolo 7 delle NTA del Piano di Classificazione Acustica del Comune di Vimercate approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale N°61 del 30/07/2021 e secondo quanto indicato dall'articolo 8 della Legge Regionale N°13 del 10/08/2001 "Norme in materia di inquinamento acustico" è possibile presentare istanza di autorizzazione in deroga ai limiti acustici per attività temporanea che comporta l'utilizzo di macchinari o impianti rumorosi che prevedono il superamento dei limiti acustici vigenti. Tutte le attività temporanee rumorose devono essere autorizzate.

Nel caso specifico il titolare dell'impresa presenterà (con apposito modulo), almeno trenta giorni prima dell'inizio dell'attività, domanda di autorizzazione al Comune di Vimercate con la seguente documentazione allegata:

a) dati identificativi del titolare, ovvero del legale rappresentante, ovvero del responsabile dell'attività;
b) descrizione dell'attività, durata e articolazione temporale prevista;
c) elenco dettagliato delle apparecchiature, degli strumenti, degli attrezzi, degli impianti
d) dei mezzi di trasporto utilizzati, affiancato da dati riguardanti i livelli sonori prodotti dalle sorgenti sonore;
e) planimetria con individuazione dell'area interessata e posizionamento delle principali sorgenti sonore;
f) descrizione degli accorgimenti tecnici utilizzati per limitare il disturbo prodotto dall'attività

6 CONCLUSIONI

Il progetto per la costruzione di un data center costituito da tre edifici distinti nel Comune di Vimercate ha individuato un'area in cui le emissioni acustiche attuali rispettano i limiti assoluti di emissione. Ai fini della verifica dell'impatto acustico in fase di progetto è stato sviluppato un modello acustico previsionale per valutare i livelli di rumore generati dal data center nel suo funzionamento a regime che comprende anche le operazioni di test di verifica dei generatori di emergenza.

Per quanto riguarda le accensioni dei generatori in situazioni d'emergenza le emissioni in queste condizioni non rientrano nella presente valutazione non essendo soggette a limiti normativi acustici come previsto dalle Linee Guida MASE D.D. VA n. 257 del 02/08/2024 al punto iii) del paragrafo 2.10 Rumore

Il test di verifica è effettuato attivando temporalmente un generatore per volta e mai uno o più contemporaneamente.

L'analisi mostra che i limiti assoluti di immissione, emissione ed il criterio differenziale saranno comunque rispettati durante il regolare funzionamento dei data center, test di verifica dei generatori di emergenza inclusi. Questo risultato è stato raggiunto grazie all'installazione di attenuatori su tutti i chiller collocati in copertura agli edifici: gli attenuatori riducono le emissioni dei chiller di almeno 10 dB(A).

Considerando la verifica del criterio differenziale effettuata assumendo come livello residuo quello corrispondente all'ora più silenziosa del periodo notturno, si rileva un superamento del limite in facciata presso il ricettore R0. Si evidenzia tuttavia che tale ricettore è destinato ad uso uffici e pertanto non risulta normalmente occupato nel periodo notturno; per tale ragione la verifica del criterio differenziale notturno presso questo ricettore assume una rilevanza limitata rispetto ai ricettori ad uso abitativo presenti nell'area.

Presso il ricettore R3 si osserva invece una situazione prossima al limite. Il livello sonoro ambientale calcolato in facciata nell'ora più silenziosa risulta pari a circa 41 dB(A). Si evidenzia che tale valore è stato determinato in facciata in via cautelativa, mentre il criterio differenziale deve essere verificato all'interno dell'ambiente abitativo.

È noto dalla letteratura tecnica e da indagini sperimentali condotte su edifici residenziali che, anche in condizioni di finestra aperta, il passaggio dal campo sonoro esterno in facciata all'interno dell'ambiente abitativo comporta una riduzione del livello sonoro generalmente compresa tra alcuni decibel; valori empiricamente osservati risultano frequentemente dell'ordine di 3–6 dB(A), in funzione delle caratteristiche della facciata, dell'apertura della finestra e della geometria del locale.

Applicando cautelativamente tale intervallo di attenuazione al livello calcolato in facciata (41 dB(A)), il corrispondente livello sonoro atteso all'interno dell'ambiente abitativo risulterebbe verosimilmente compreso tra circa 35 e 38 dB(A). In tali condizioni il livello ambientale indoor risulterebbe inferiore alla soglia di 40 dB(A) prevista per l'applicabilità del criterio differenziale nel periodo notturno.

Alla luce di quanto sopra, e considerando che la valutazione è stata condotta in facciata in via cautelativa, si ritiene plausibile che presso il ricettore R3 il criterio differenziale notturno non risulti applicabile.

È stato valutato il numero minimo di attenuatori da installare per rispettare i limiti (la figura 12 mostra la posizione e il numero di attenuatori necessari per rispettare i limiti minimi). Questa opzione non verrà perseguita progettualmente rimanendo essa un esercizio di calcolo.

Considerato l'impatto del cantiere, con particolare riferimento agli scenari più critici dal punto di vista dell'impatto acustico, sarà necessario che il titolare dell'impresa presenterà (con apposito modulo), almeno trenta giorni prima dell'inizio dell'attività, domanda di autorizzazione in deroga al Comune di Vimercate per attività temporanea che comporta l'utilizzo di macchinari o impianti rumorosi che prevedono il superamento dei limiti acustici vigenti.

Allegato 1 – Certificati misure fonometriche

Allegato 2 – Certificati strumentazione

Allegato 3 – Mappe Acustiche fase di esercizio e fase di cantiere

Allegati

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ARUP International Projects Ltd

Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Numero Rilievo:
R0_23.01.2025.NWW

Data Rilievo :	23/01/2025
Ora Inizio :	12:00:00
Durata Misure:	24 h

Strumentazione e Matricola :

Fonometro :	831 0002489
Microfono :	377B02
Preamplificatore :	PRM831

Pesatura (Time History, 1s): A
Cost. di Tempo: Fast

Meteo:
Conformi al D.M. 16/03/1998
per tutto il tempo di misura.
Assenza di precipitazioni atmosferiche,
velocità del vento non superiore a 5 m/s.

Dati identificativi:
Provincia: Monza e Brianza
Comune: Vimercate
Indirizzo: via Lecco
Destinazione d'uso: Commerciale / Industriale
Coordinate posizione rilievo (WGS 84):
- Latitudine: 45°37'48.73"N
- Longitudine: 9°21'37.22"E

Classe acustica: IV (65 dBA - 55 dBA)
delib. c.c. n.61 del 30/07/2021

Principali sorgenti di rumore, concorrenti:
Traffico Veicolare

Descrizione territorio:
Zona Commerciale / Industriale

Posizione di misura:
In corrispondenza del confine di proprietà
Altezza microfono: 4,0m da p.c.

Posizionamento strumento - R0

Stralcio del PCCA di Vimercate

Postazione ed Area di indagine

Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Diurno 1	12:00-22:00	**47,8**	39,0	66,6	50,2	49,6	48,2	47,4	44,1	43,2
23-24/01/2025	Notturno	22:00-06:00	**43,6**	34,0	64,9	46,7	45,7	43,1	41,9	38,5	37,6
24/01/2025	Diurno 2	06:00-12:00	**52,2**	42,8	69,5	55,2	54,7	53,3	51,6	47,4	46,7
23-24/01/2025	Diurno 1+2	vedi intervalli	**50,0**	39,0	69,5	54,5	53,7	49,4	48,3	45,0	43,8

Leq Ambientale Diurno (dB(A))	50,0	**50,0**	**Limite Immissione Diurno - Classe IV**	**65**	Conforme
Leq Ambientale Notturno (dB(A))	43,6	**43,5**	**Limite Immissione Notturno - Classe IV**	**55**	Conforme

(*) arrotondamento come da D.M. 16 marzo 1998 All.B

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

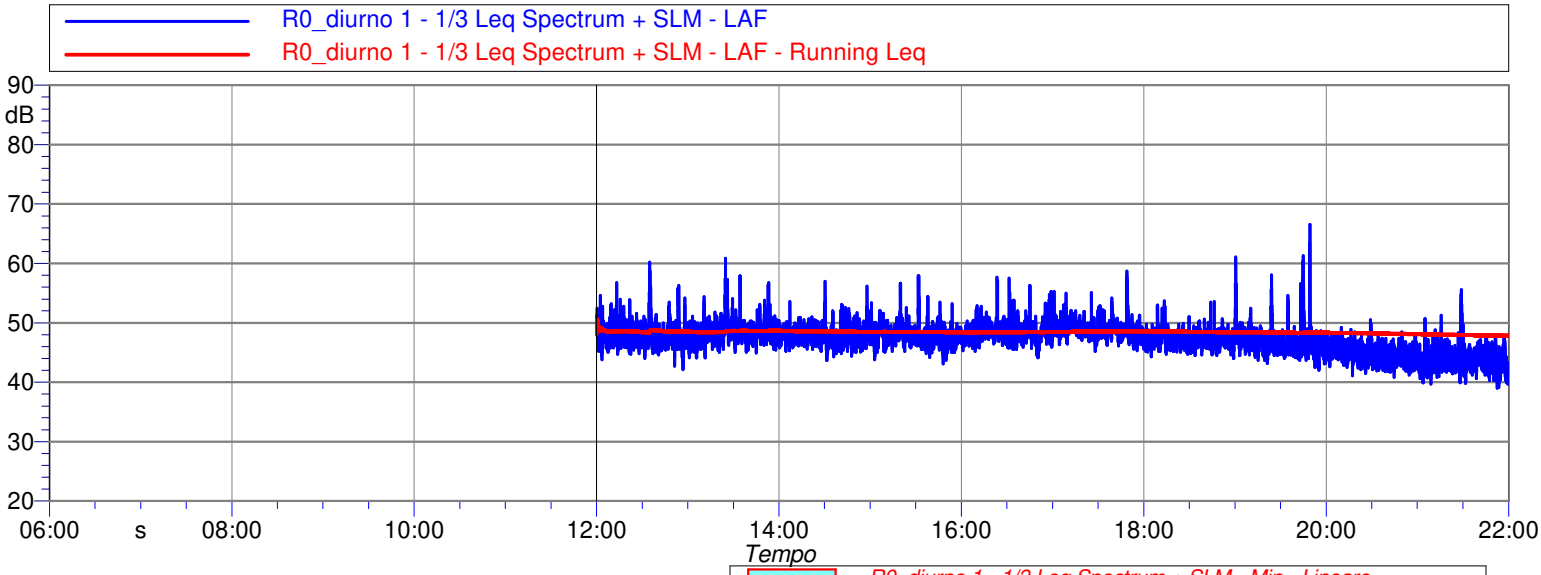
ARUP International Projects Ltd

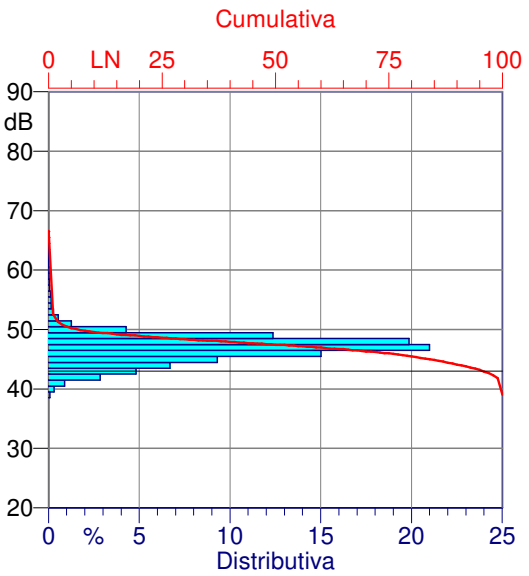
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

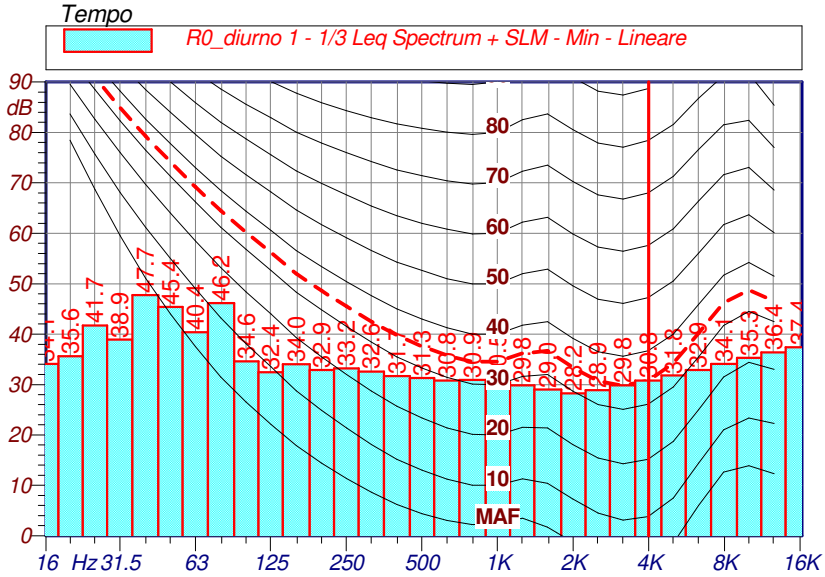
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Diurno: 12:00 - 22:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Diurno	12:00 - 13:00	**48,5**	42,1	60,2	50,9	50,1	48,6	47,9	46,1	45,6
23/01/2025	Diurno	13:00 - 14:00	**48,8**	44,1	60,9	50,7	50,1	49,0	48,5	46,5	46,0
23/01/2025	Diurno	14:00 - 15:00	**48,2**	43,7	57,0	50,1	49,6	48,5	47,9	46,2	45,8
23/01/2025	Diurno	15:00 - 16:00	**48,1**	43,1	57,9	50,2	49,4	48,3	47,8	46,3	45,7
23/01/2025	Diurno	16:00 - 17:00	**48,7**	44,1	57,7	50,5	50,0	49,0	48,4	46,7	46,2
23/01/2025	Diurno	17:00 - 18:00	**49,1**	45,2	58,7	50,9	50,3	49,3	48,8	47,3	46,8
23/01/2025	Diurno	18:00 - 19:00	**47,4**	44,0	53,7	48,9	48,5	47,7	47,2	45,9	45,6
23/01/2025	Diurno	19:00 - 20:00	**47,9**	42,0	66,6	50,3	48,7	47,2	46,6	44,8	44,4
23/01/2025	Diurno	20:00 - 21:00	**44,9**	40,8	50,5	47,0	46,5	45,3	44,7	42,9	42,6
23/01/2025	Diurno	21:00 - 22:00	**44,2**	39,0	55,6	46,5	45,8	44,4	43,7	41,8	41,2

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

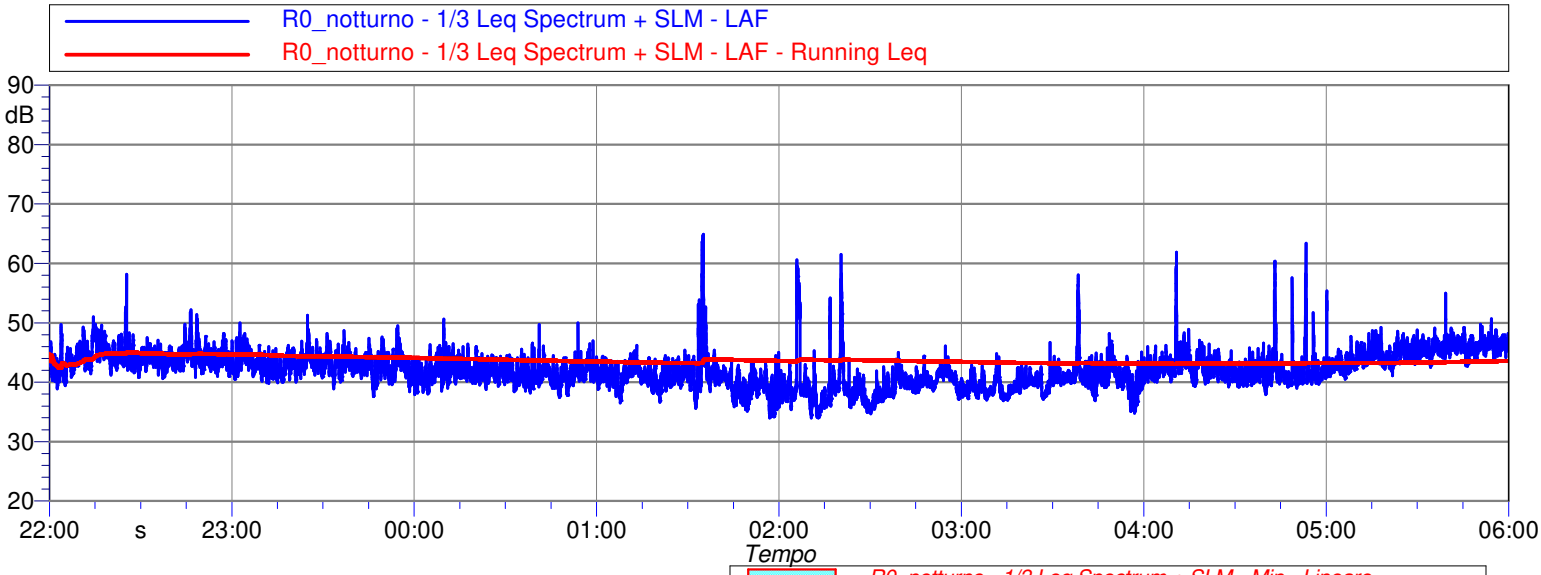
ARUP International Projects Ltd

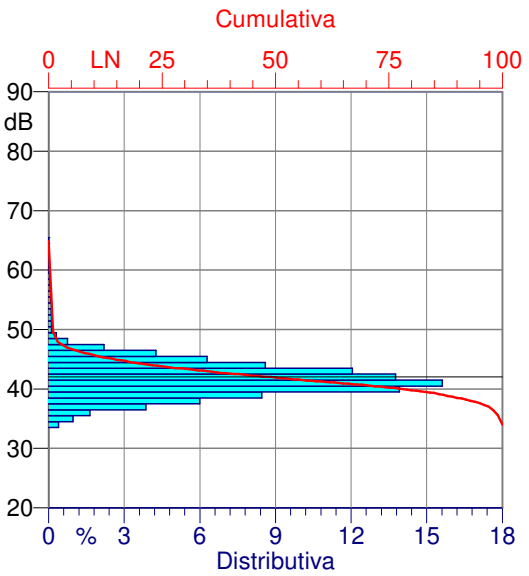
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

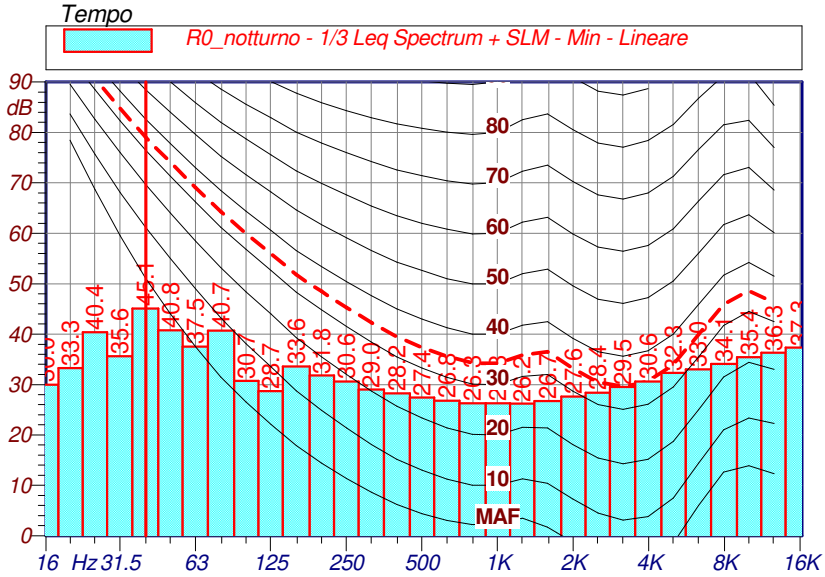
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Notturno: 22:00 - 06:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Notturno	22:00 - 23:00	**44,7**	38,9	58,2	47,7	46,7	44,8	44,1	42,1	41,4
23/01/2025	Notturno	23:00 - 00:00	**43,4**	37,6	51,3	45,8	45,1	43,7	43,1	41,1	40,5
24/01/2025	Notturno	00:00 - 01:00	**41,9**	37,5	50,6	44,2	43,5	42,1	41,5	39,7	39,2
24/01/2025	Notturno	01:00 - 02:00	**43,9**	34,0	64,9	44,0	43,1	41,4	40,6	37,6	36,6
24/01/2025	Notturno	02:00 - 03:00	**42,8**	34,0	61,5	43,4	41,9	40,0	39,1	36,4	35,7
24/01/2025	Notturno	03:00 - 04:00	**41,1**	34,8	58,1	43,2	42,3	40,7	40,1	37,8	37,4
24/01/2025	Notturno	04:00 - 05:00	**43,7**	37,9	63,4	45,4	44,2	42,6	41,8	40,2	39,8
24/01/2025	Notturno	05:00 - 06:00	**45,5**	40,5	55,4	47,6	47,2	46,0	45,3	42,8	42,1

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

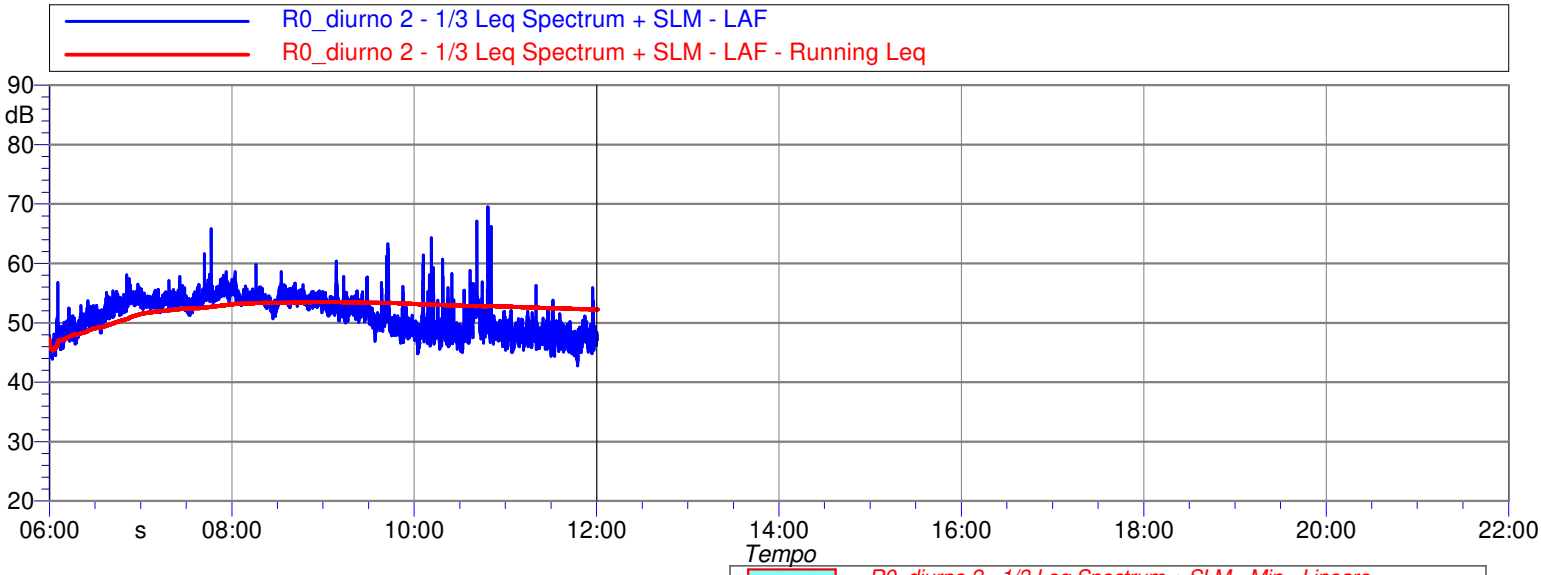
ARUP International Projects Ltd

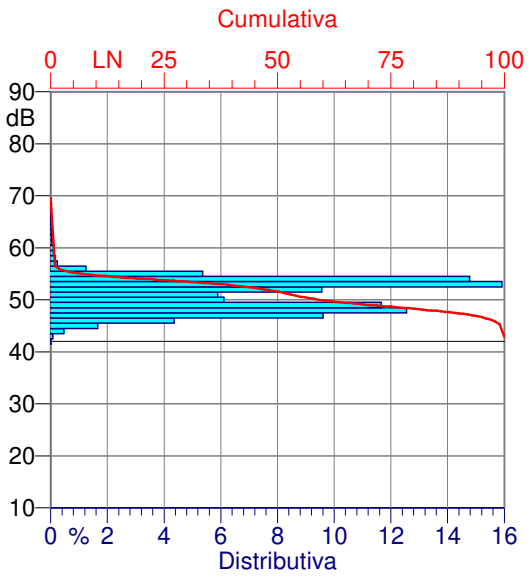
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

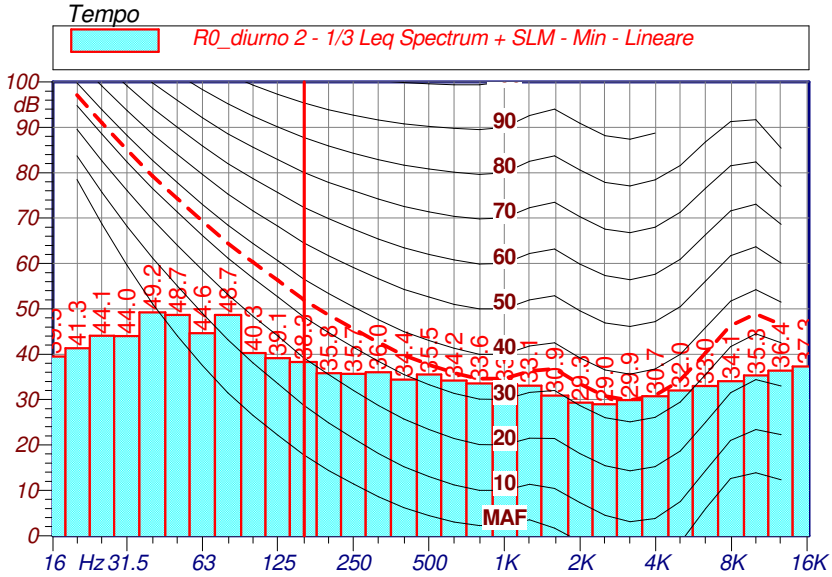
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Diurno: 06:00 - 12:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
24/01/2025	Diurno	06:00 - 07:00	**51,5**	43,9	58,1	54,7	54,2	52,2	50,8	47,1	46,0
24/01/2025	Diurno	07:00 - 08:00	**54,3**	51,3	65,8	55,9	55,5	54,5	54,0	52,9	52,6
24/01/2025	Diurno	08:00 - 09:00	**54,2**	50,7	59,8	55,5	55,1	54,4	54,1	53,0	52,7
24/01/2025	Diurno	09:00 - 10:00	**52,0**	46,6	63,3	54,4	53,6	52,4	51,6	48,9	48,4
24/01/2025	Diurno	10:00 - 11:00	**50,5**	44,8	69,5	52,7	51,7	49,5	48,9	47,3	46,9
24/01/2025	Diurno	11:00 - 12:00	**48,0**	42,8	56,3	49,7	49,3	48,3	47,8	46,1	45,6

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ARUP International Projects Ltd

Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Numero Rilievo:
R1_23.01.2025

Data Rilievo :	23/01/2025
Ora Inizio :	11:00:00
Durata Misure:	24 h

Strumentazione e Matricola :

Fonometro :	831C 12498
Microfono :	377B02
Preamplificatore :	PRM831

Pesatura (Time History, 1s): A
Cost. di Tempo: Fast

Meteo:
Conformi al D.M. 16/03/1998
per tutto il tempo di misura.
Assenza di precipitazioni atmosferiche,
velocità del vento non superiore a 5 m/s.

Dati identificativi:
Provincia: Monza e Brianza
Comune: Vimercate
Indirizzo: via John Fitzgerald Kennedy
Destinazione d'uso: Residenziale/Agricolo
Coordinate posizione rilievo (WGS 84):
- Latitudine: 45°37'58.76"N
- Longitudine: 9°21'16.69"E

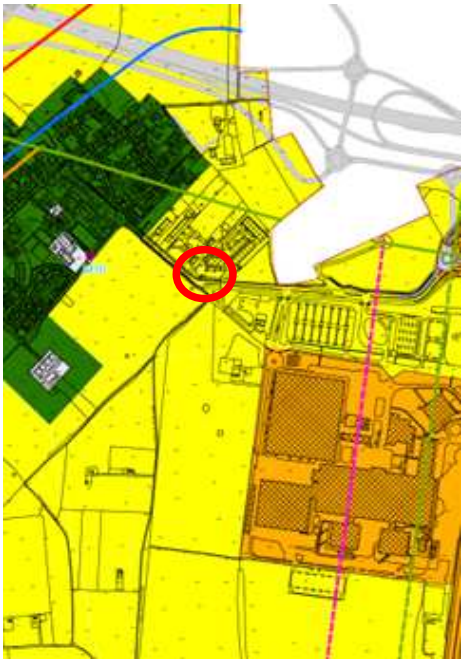
Classe acustica: III (60 dBA - 50 dBA)
delib. c.c. n.61 del 30/07/2021

Principali sorgenti di rumore, concorrenti:
Traffico Veicolare

Descrizione territorio:
Zona Residenziale / Commerciale / Rurale

Posizione di misura:
In corrispondenza del confine di proprietà
Altezza microfono: 4,0m da p.c.

Posizionamento strumento - R1



Stralcio del PCCA di Vimercate

Postazione ed Area di indagine

Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Diurno 1	11:00-22:00	**56,4**	37,0	77,6	62,0	60,6	56,2	53,0	42,4	40,9
23-24/01/2025	Notturno	22:00-06:00	**47,7**	33,9	72,2	54,8	49,8	41,4	39,4	36,3	35,8
24/01/2025	Diurno 2	06:00-11:00	**58,1**	42,8	74,3	63,2	62,0	58,3	55,7	48,1	46,9
23-24/01/2025	Diurno 1+2	vedi intervalli	**57,0**	37,0	77,6	62,5	61,1	57,0	54,0	43,7	41,6

Leq Ambientale Diurno (dB(A))	57,0	**57,0**	**Limite Immissione Diurno - Classe III**	**60**	Conforme
Leq Ambientale Notturno (dB(A))	47,7	**47,5**	**Limite Immissione Notturno - Classe III**	**50**	Conforme

(*) arrotondamento come da D.M. 16 marzo 1998 All.B

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

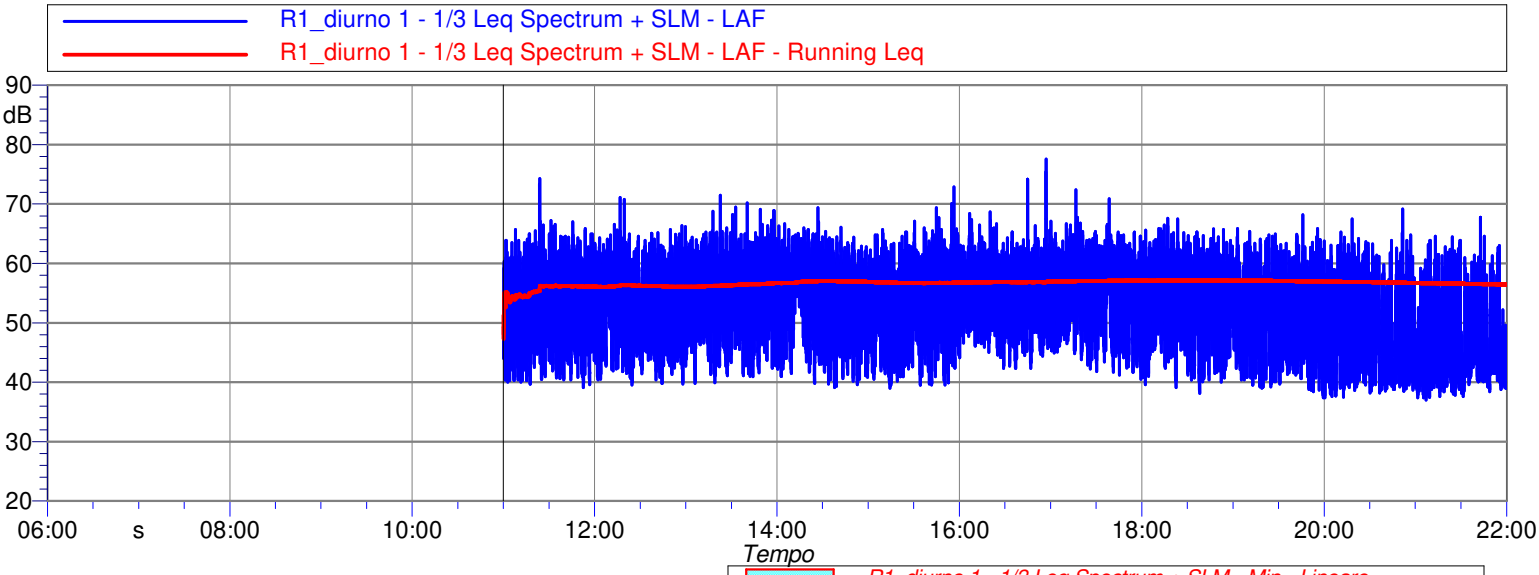
ARUP International Projects Ltd

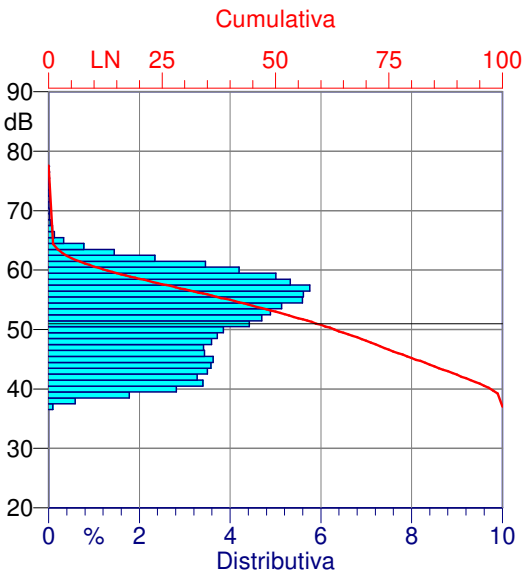
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

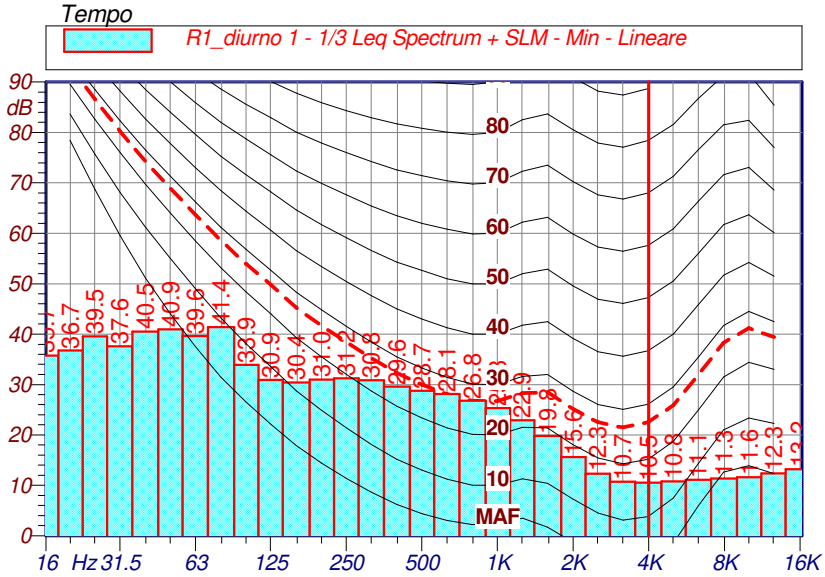
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Diurno: 11:00 - 22:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Diurno	11:00 - 12:00	**56,1**	39,1	74,3	61,7	60,2	55,2	52,0	43,2	41,7
23/01/2025	Diurno	12:00 - 13:00	**56,0**	39,5	71,1	61,7	60,3	55,8	52,6	44,3	43,0
23/01/2025	Diurno	13:00 - 14:00	**57,8**	39,8	71,5	63,1	61,7	57,7	54,9	45,9	43,8
23/01/2025	Diurno	14:00 - 15:00	**57,4**	39,1	69,4	62,8	61,7	57,8	54,5	44,6	43,0
23/01/2025	Diurno	15:00 - 16:00	**56,3**	39,0	72,9	61,8	60,3	55,8	52,9	43,4	41,8
23/01/2025	Diurno	16:00 - 17:00	**57,7**	42,3	77,6	62,1	60,9	57,5	55,2	47,5	46,1
23/01/2025	Diurno	17:00 - 18:00	**58,1**	40,5	72,4	62,9	61,8	58,6	56,5	47,0	45,2
23/01/2025	Diurno	18:00 - 19:00	**57,1**	38,1	67,6	62,3	61,0	57,4	55,1	44,7	42,4
23/01/2025	Diurno	19:00 - 20:00	**55,1**	37,4	68,2	61,0	59,3	55,0	51,8	41,9	40,7
23/01/2025	Diurno	20:00 - 21:00	**53,8**	37,4	69,2	60,3	58,5	52,7	47,1	40,1	39,5
23/01/2025	Diurno	21:00 - 22:00	**51,6**	37,0	67,8	58,6	56,1	47,2	43,4	39,7	39,0

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

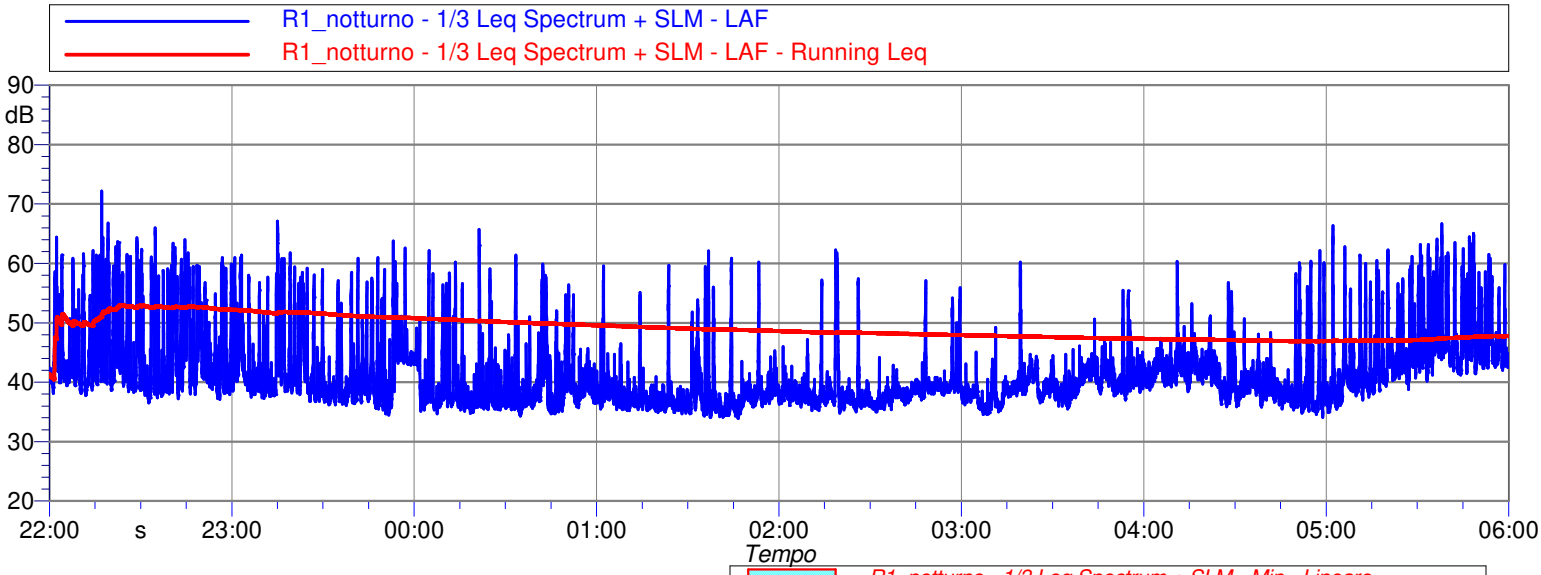
ARUP International Projects Ltd

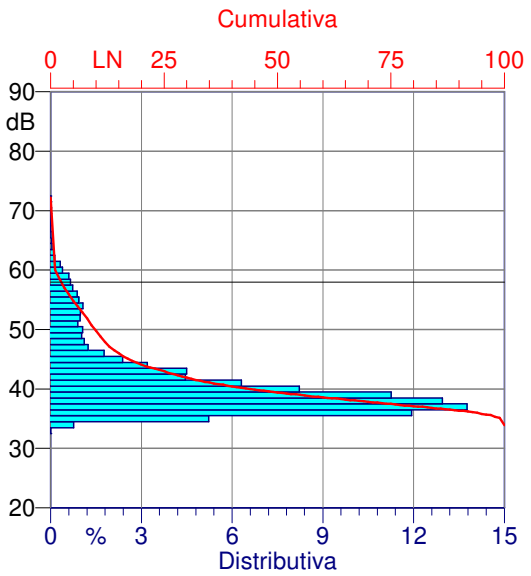
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

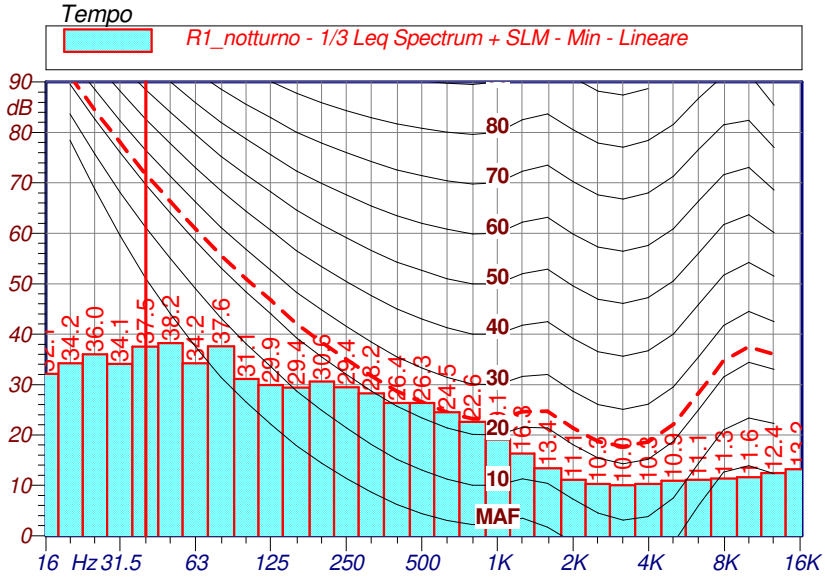
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Notturno: 22:00 - 06:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Notturno	22:00 - 23:00	**52,2**	36,5	72,2	59,3	57,1	47,8	42,8	38,9	38,4
23/01/2025	Notturno	23:00 - 00:00	**48,6**	34,5	67,1	55,7	53,1	43,4	40,3	37,2	36,7
24/01/2025	Notturno	00:00 - 01:00	**45,2**	34,3	65,7	51,6	45,7	38,9	37,5	36,0	35,7
24/01/2025	Notturno	01:00 - 02:00	**42,7**	33,9	62,1	44,4	40,3	37,8	37,0	35,4	35,0
24/01/2025	Notturno	02:00 - 03:00	**43,0**	34,8	62,3	43,4	40,1	38,6	37,9	36,3	36,0
24/01/2025	Notturno	03:00 - 04:00	**40,8**	34,6	60,2	43,0	42,1	40,2	39,2	36,5	35,9
24/01/2025	Notturno	04:00 - 05:00	**44,1**	34,1	62,2	46,8	44,3	41,5	40,2	36,8	36,1
24/01/2025	Notturno	05:00 - 06:00	**51,1**	34,9	66,7	58,2	55,2	46,0	44,2	39,1	37,7

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

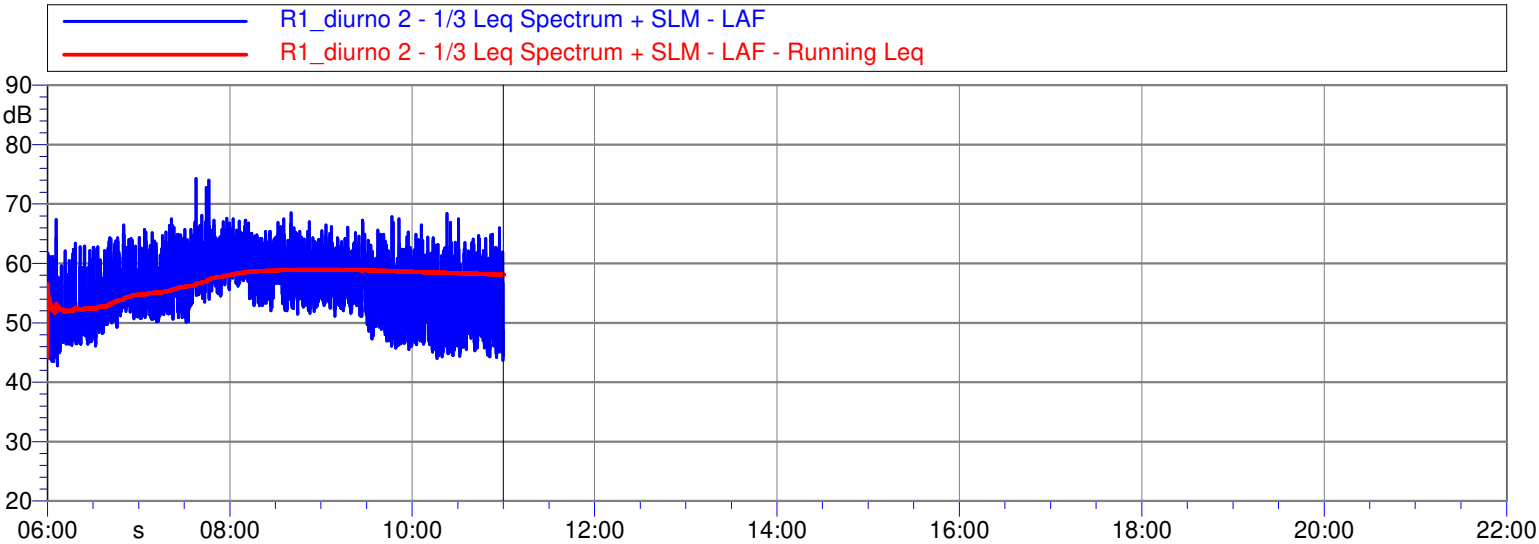
ARUP International Projects Ltd

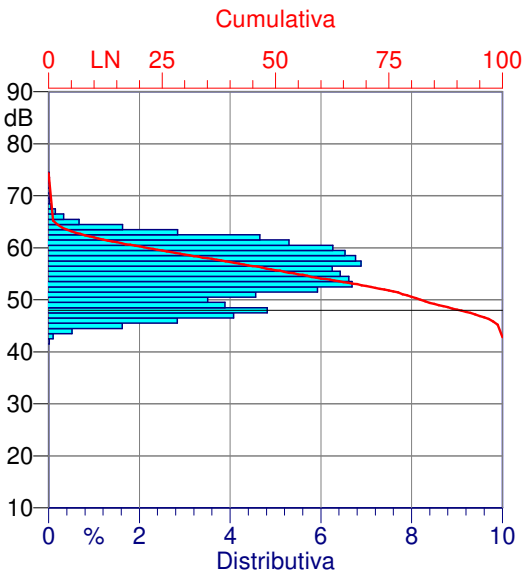
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

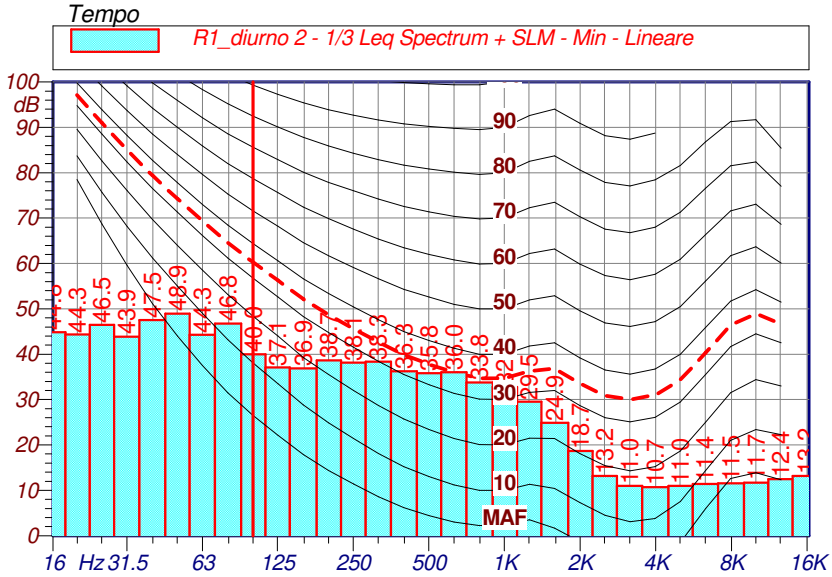
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Diurno: 06:00 - 11:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
24/01/2025	Diurno	06:00 - 07:00	**54,7**	42,8	67,4	60,4	58,6	53,8	51,5	47,1	46,1
24/01/2025	Diurno	07:00 - 08:00	**60,0**	50,1	74,3	64,3	63,1	60,3	58,0	52,2	51,6
24/01/2025	Diurno	08:00 - 09:00	**60,2**	51,5	68,5	64,0	63,1	60,8	59,4	54,3	53,5
24/01/2025	Diurno	09:00 - 10:00	**57,5**	45,5	67,9	62,4	61,0	57,6	55,5	48,8	47,7
24/01/2025	Diurno	10:00 - 11:00	**55,5**	43,7	68,4	61,0	59,4	55,3	52,7	46,4	45,7

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ARUP International Projects Ltd

Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Numero Rilievo:
R2_23.01.2025

Data Rilievo :	23/01/2025
Ora Inizio :	13:00:00
Durata Misure:	24 h

Strumentazione e Matricola :

Fonometro :	831C 12259
Microfono :	377B02
Preamplificatore :	PRM831

Pesatura (Time History, 1s): A
Cost. di Tempo: Fast

Meteo:
Conformi al D.M. 16/03/1998
per tutto il tempo di misura.
Assenza di precipitazioni atmosferiche,
velocità del vento non superiore a 5 m/s.

Dati identificativi:
Provincia: Monza e Brianza
Comune: Vimercate
Indirizzo: via Giuseppe Ungaretti
Destinazione d'uso: Residenziale/Agricolo
Coordinate posizione rilievo (WGS 84):
- Latitudine: 45°37'54.05"N
- Longitudine: 9°21'0.61"E

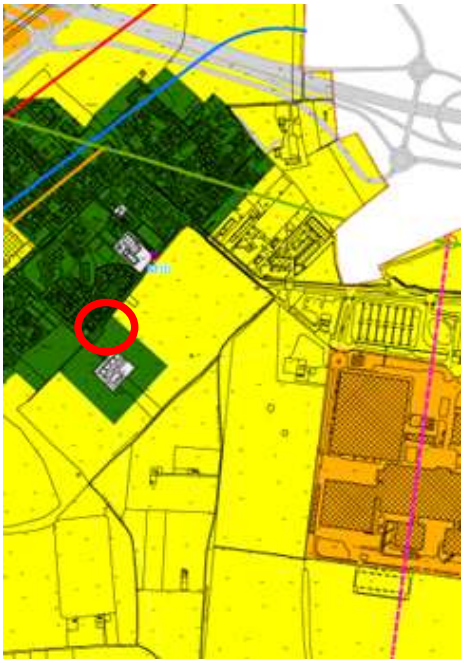
Classe acustica: II (55 dBA - 45 dBA)
delib. c.c. n.61 del 30/07/2021

Principali sorgenti di rumore, concorrenti:
Traffico Veicolare

Descrizione territorio:
Zona Residenziale / Rurale

Posizione di misura:
In corrispondenza del confine di proprietà
Altezza microfono: 4,0m da p.c.

Posizionamento strumento - R2



Stralcio del PCCA di Vimercate

Postazione ed Area di indagine

Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Diurno 1	13:00-22:00	**51,9**	35,6	79,8	57,6	54,4	46,0	42,9	39,2	38,6
23-24/01/2025	Notturno	22:00-06:00	**43,9**	32,1	77,8	45,1	43,4	40,2	39,2	36,1	35,3
24/01/2025	Diurno 2	06:00-13:00	**53,1**	37,0	74,9	58,5	55,3	51,1	49,4	41,3	40,0
23-24/01/2025	Diurno 1+2	vedi intervalli	**52,5**	35,6	79,8	58,1	54,8	49,6	45,9	39,7	39,0

Leq Ambientale Diurno (dB(A))	52,5	**52,5**	**Limite Immissione Diurno - Classe II**	**55**	Conforme
Leq Ambientale Notturno (dB(A))	43,9	**44,0**	**Limite Immissione Notturno - Classe II**	**45**	Conforme

(*) arrotondamento come da D.M. 16 marzo 1998 All.B

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

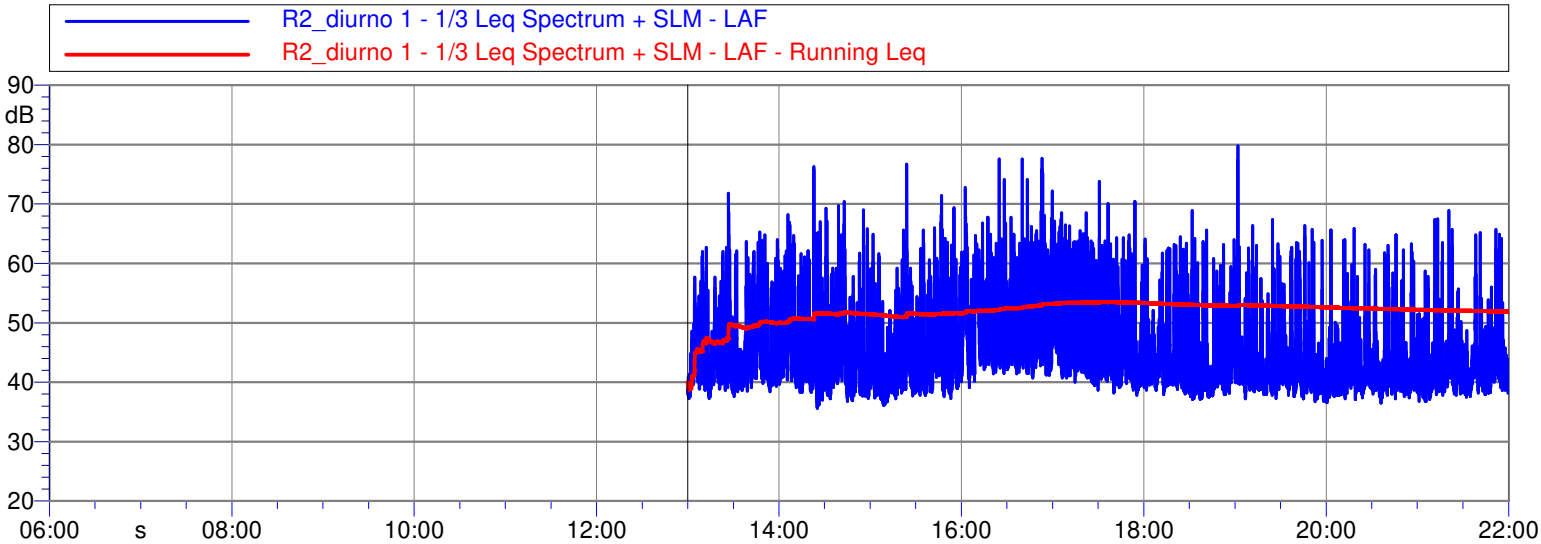
ARUP International Projects Ltd

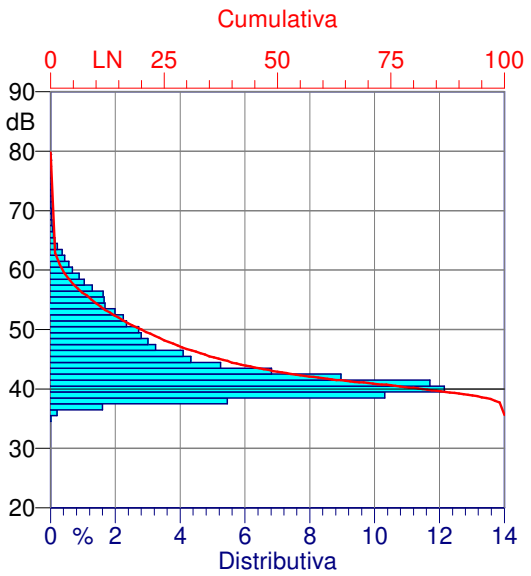
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

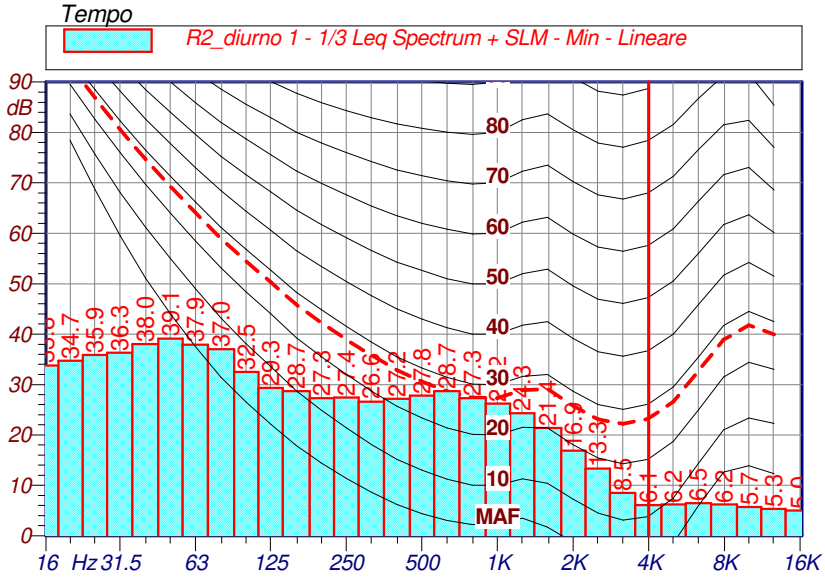
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Diurno: 13:00 - 22:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Diurno	13:00 - 14:00	**50,0**	37,3	71,8	56,1	53,1	45,6	43,0	39,7	38,9
23/01/2025	Diurno	14:00 - 15:00	**52,5**	35,6	76,3	57,8	54,3	47,1	43,9	39,1	38,5
23/01/2025	Diurno	15:00 - 16:00	**51,9**	36,1	76,7	56,9	53,2	45,5	42,8	38,7	38,1
23/01/2025	Diurno	16:00 - 17:00	**56,0**	39,1	77,7	60,8	58,7	53,9	51,3	44,3	43,1
23/01/2025	Diurno	17:00 - 18:00	**53,8**	37,8	73,8	60,1	57,4	50,0	46,2	40,9	40,1
23/01/2025	Diurno	18:00 - 19:00	**48,9**	37,1	68,9	55,8	50,6	43,4	41,7	39,1	38,5
23/01/2025	Diurno	19:00 - 20:00	**51,0**	36,6	79,8	53,9	50,0	43,1	41,5	38,9	38,4
23/01/2025	Diurno	20:00 - 21:00	**47,0**	36,5	65,9	51,1	47,2	42,2	41,0	38,8	38,4
23/01/2025	Diurno	21:00 - 22:00	**47,6**	36,8	68,9	51,3	46,9	42,5	41,4	39,0	38,5

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

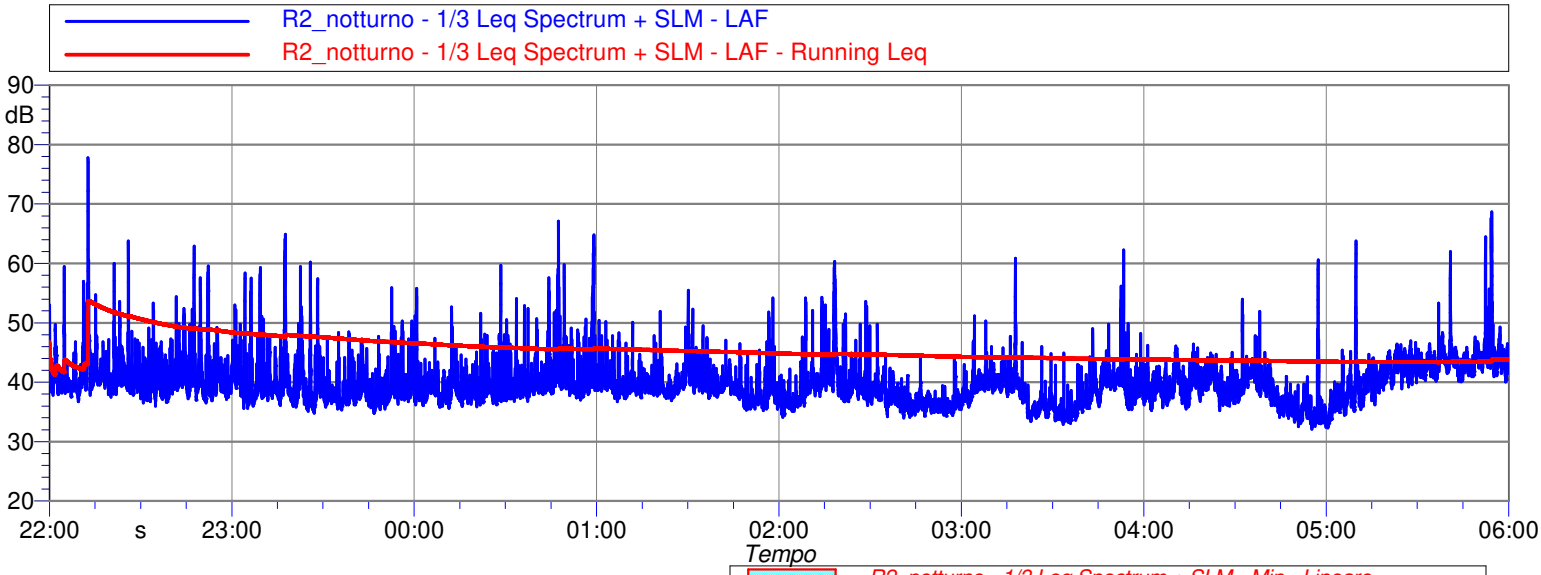
ARUP International Projects Ltd

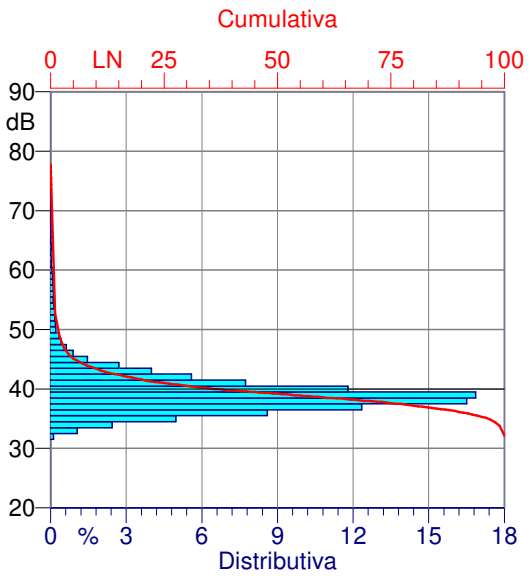
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

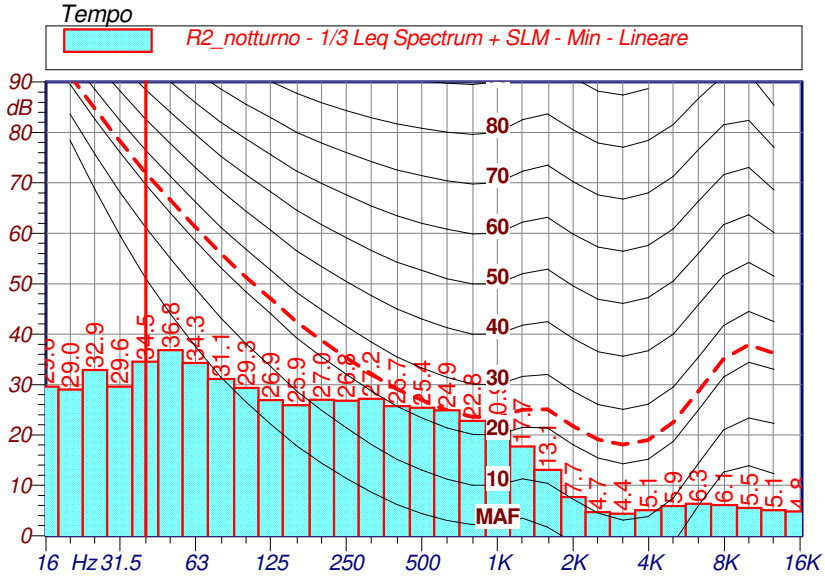
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Notturno: 22:00 - 06:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Notturno	22:00 - 23:00	**48,4**	36,0	77,8	47,7	44,7	41,2	40,3	38,3	37,8
23/01/2025	Notturno	23:00 - 00:00	**43,2**	34,8	64,9	45,8	43,1	39,4	38,4	36,6	36,2
24/01/2025	Notturno	00:00 - 01:00	**43,4**	35,6	67,1	46,2	43,1	39,9	39,1	37,3	36,9
24/01/2025	Notturno	01:00 - 02:00	**40,1**	35,2	55,5	42,9	41,3	39,6	39,0	37,2	36,5
24/01/2025	Notturno	02:00 - 03:00	**41,0**	34,0	60,3	42,9	41,5	39,0	37,7	35,5	35,2
24/01/2025	Notturno	03:00 - 04:00	**40,3**	32,9	62,3	42,2	41,0	39,5	38,5	34,7	34,3
24/01/2025	Notturno	04:00 - 05:00	**40,2**	32,1	60,6	43,0	42,1	39,9	38,7	34,8	33,9
24/01/2025	Notturno	05:00 - 06:00	**45,8**	32,3	68,7	46,4	45,2	43,4	42,3	37,0	35,8

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

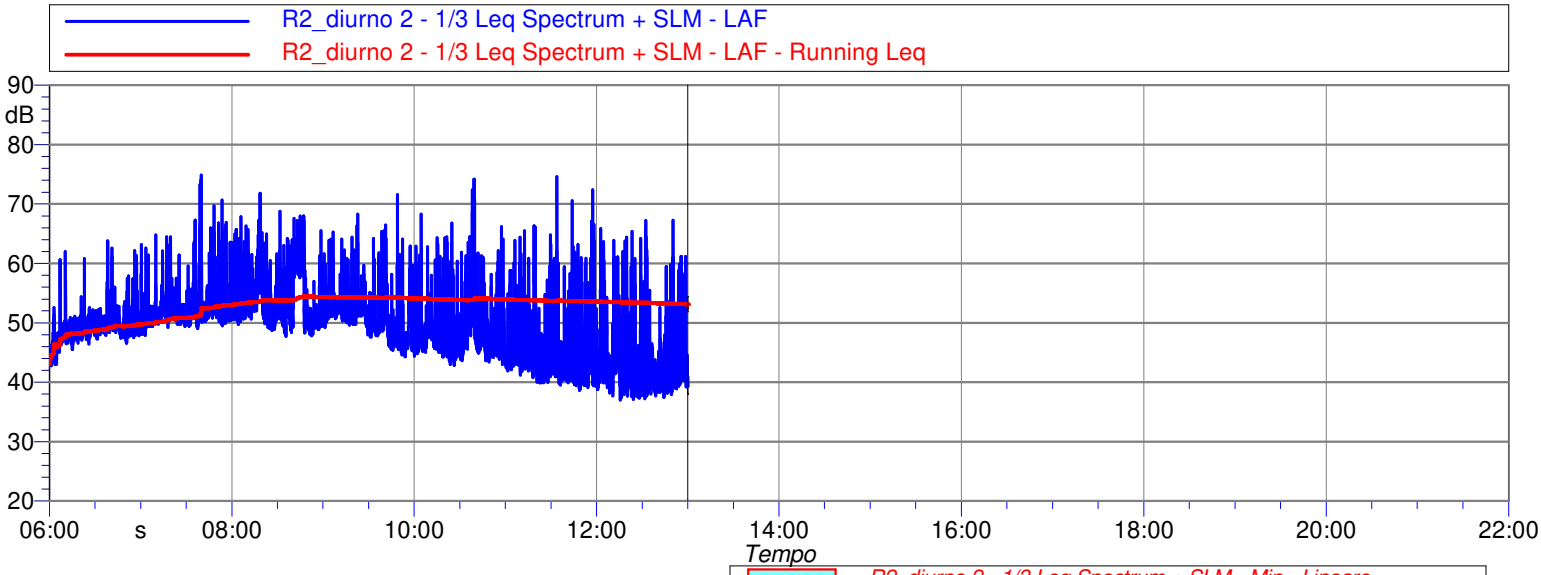
ARUP International Projects Ltd

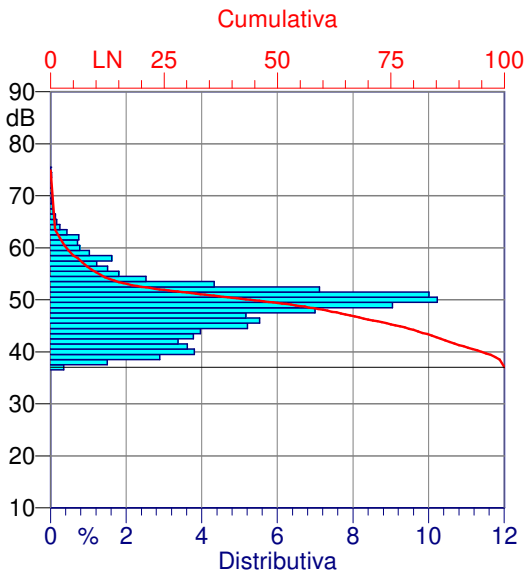
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

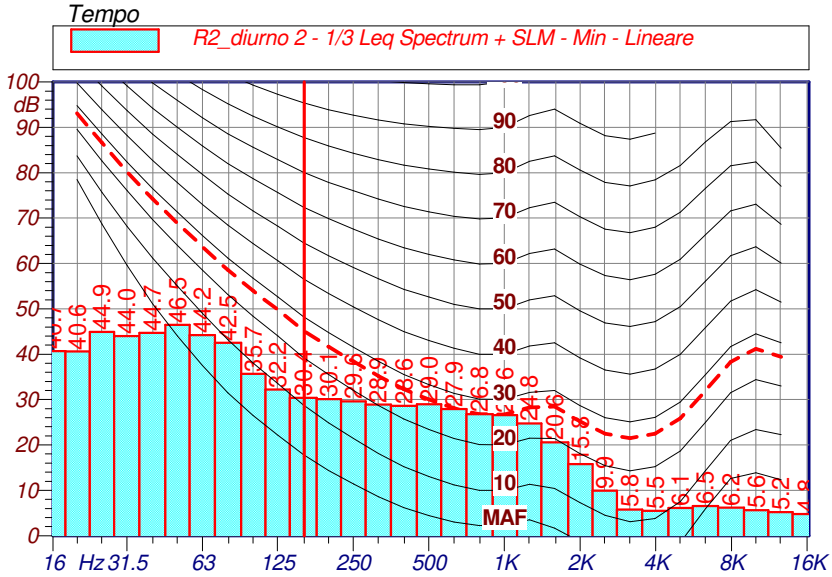
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Diurno: 06:00 - 13:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
24/01/2025	Diurno	06:00 - 07:00	**49,7**	42,8	63,8	52,1	50,9	49,6	49,0	46,8	45,2
24/01/2025	Diurno	07:00 - 08:00	**54,9**	47,9	74,9	57,9	55,0	52,3	51,5	50,1	49,7
24/01/2025	Diurno	08:00 - 09:00	**56,2**	47,7	71,8	62,3	59,8	54,2	52,1	49,7	49,3
24/01/2025	Diurno	09:00 - 10:00	**53,4**	44,3	71,6	58,0	55,6	52,4	51,3	46,7	46,1
24/01/2025	Diurno	10:00 - 11:00	**53,3**	42,9	74,2	59,2	55,3	48,4	46,9	44,8	44,4
24/01/2025	Diurno	11:00 - 12:00	**51,1**	38,6	74,6	56,5	51,9	45,2	43,6	40,9	40,4
24/01/2025	Diurno	12:00 - 13:00	**48,1**	37,0	67,3	52,8	48,6	42,5	41,0	38,8	38,4

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ARUP International Projects Ltd

Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Numero Rilievo:
R3_23.01.2025

Data Rilievo :	23/01/2025
Ora Inizio :	13:00:00
Durata Misure:	24 h

Strumentazione e Matricola :

Fonometro :	831 0002359
Microfono :	377B02
Preamplificatore :	PRM831

Pesatura (Time History, 1s): A
Cost. di Tempo: Fast

Meteo:
Conformi al D.M. 16/03/1998
per tutto il tempo di misura.
Assenza di precipitazioni atmosferiche,
velocità del vento non superiore a 5 m/s.

Dati identificativi:
Provincia: Monza e Brianza
Comune: Vimercate
Indirizzo: via Gremona del Friuli
Destinazione d'uso: Residenziale/Agricolo
Coordinate posizione rilievo (WGS 84):
- Latitudine: 45°37'44.50"N
- Longitudine: 9°22'2.25"E

Classe acustica: II (55 dBA - 45 dBA)
delib. c.c. n.61 del 30/07/2021

Principali sorgenti di rumore, concorrenti:
Traffico Veicolare

Descrizione territorio:
Zona Residenziale / Rurale

Posizione di misura:
In corrispondenza del confine di proprietà
Altezza microfono: 4,0m da p.c.

Posizionamento strumento - R3

Stralcio del PCCA di Vimercate

Postazione ed Area di indagine

Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Diurno 1	13:00-22:00	**49,5**	41,0	66,8	52,0	51,2	49,7	49,0	46,6	45,9
23-24/01/2025	Notturno	22:00-06:00	**43,5**	29,1	59,4	47,8	46,9	44,2	42,0	34,8	33,1
24/01/2025	Diurno 2	06:00-13:00	**51,7**	36,9	75,9	55,4	54,8	53,0	50,2	42,0	41,0
23-24/01/2025	Diurno 1+2	vedi intervalli	**50,6**	36,9	75,9	54,8	54,0	50,4	49,1	44,6	42,3

Leq Ambientale Diurno (dB(A))	50,6	**50,5**	**Limite Immissione Diurno - Classe II**	**55**	Conforme
Leq Ambientale Notturno (dB(A))	43,5	**43,5**	**Limite Immissione Notturno - Classe II**	**45**	Conforme

(*) arrotondamento come da D.M. 16 marzo 1998 All.B

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

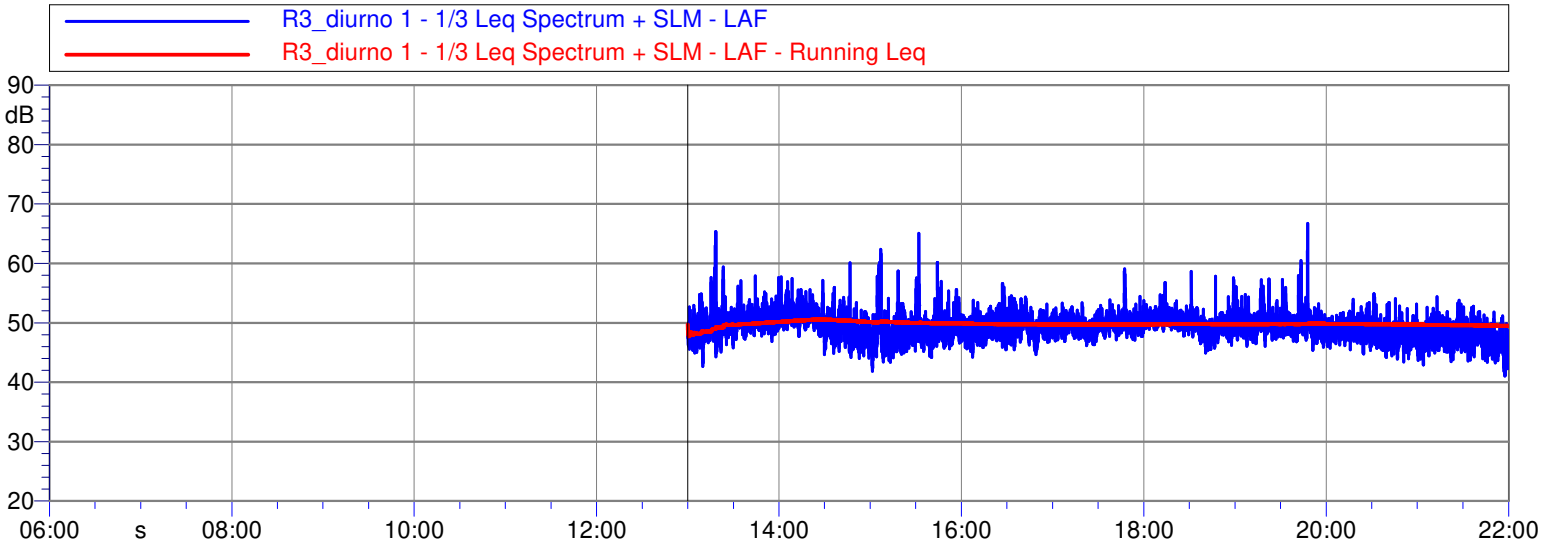
ARUP International Projects Ltd

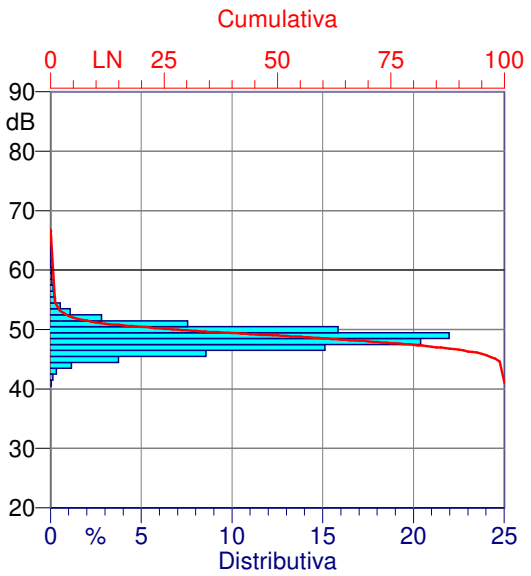
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

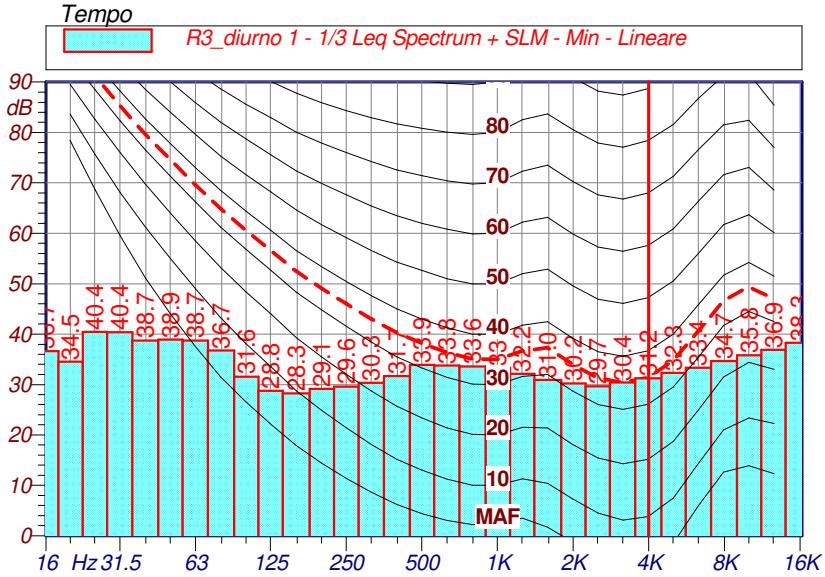
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Diurno: 13:00 - 22:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Diurno	13:00 - 14:00	**50,2**	42,7	65,3	52,4	51,7	50,4	49,7	47,3	46,6
23/01/2025	Diurno	14:00 - 15:00	**50,1**	44,0	60,1	52,6	52,1	50,7	49,8	46,8	46,1
23/01/2025	Diurno	15:00 - 16:00	**49,4**	41,9	65,1	53,2	51,3	48,9	48,0	45,6	45,0
23/01/2025	Diurno	16:00 - 17:00	**49,2**	44,2	56,6	51,3	50,7	49,4	48,8	47,0	46,5
23/01/2025	Diurno	17:00 - 18:00	**49,7**	46,1	59,1	51,4	50,9	49,9	49,5	48,0	47,6
23/01/2025	Diurno	18:00 - 19:00	**50,0**	44,9	58,6	52,0	51,5	50,4	49,8	47,8	47,2
23/01/2025	Diurno	19:00 - 20:00	**50,3**	45,4	66,8	52,7	51,4	50,0	49,4	47,9	47,4
23/01/2025	Diurno	20:00 - 21:00	**48,4**	43,4	54,9	50,4	49,8	48,8	48,2	46,4	45,9
23/01/2025	Diurno	21:00 - 22:00	**47,4**	41,0	54,4	49,8	49,0	47,7	47,1	45,2	44,5

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

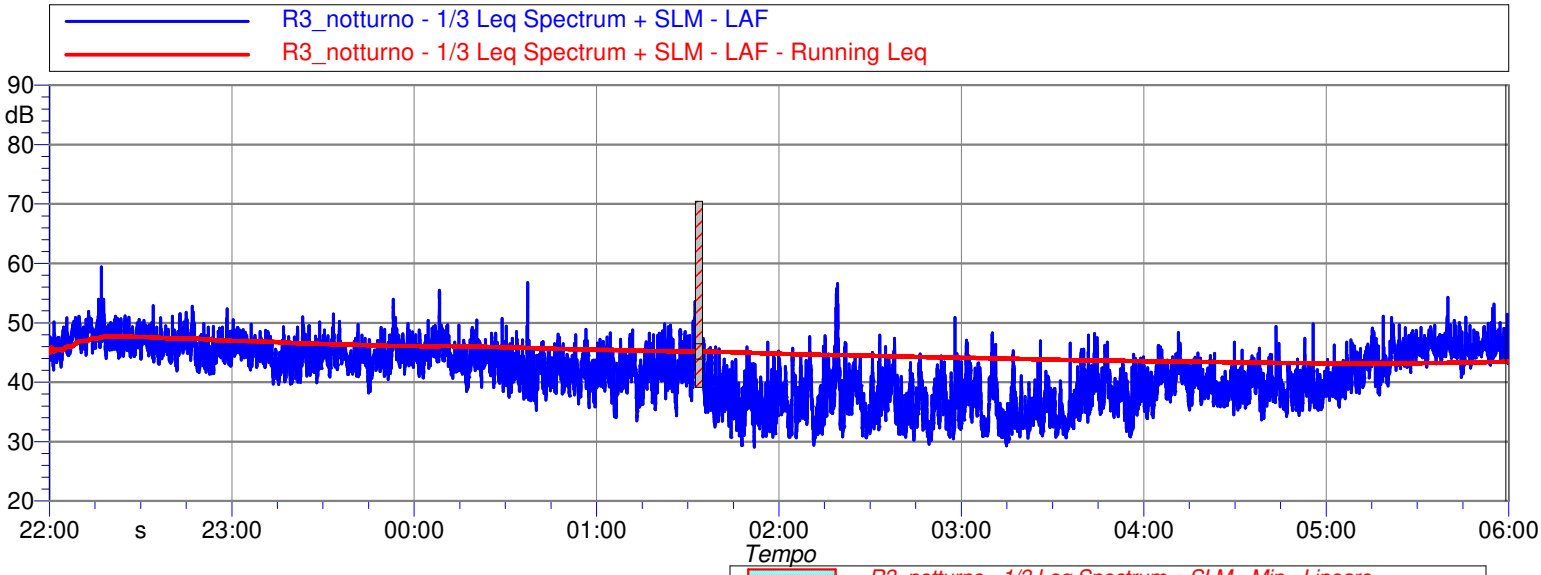
ARUP International Projects Ltd

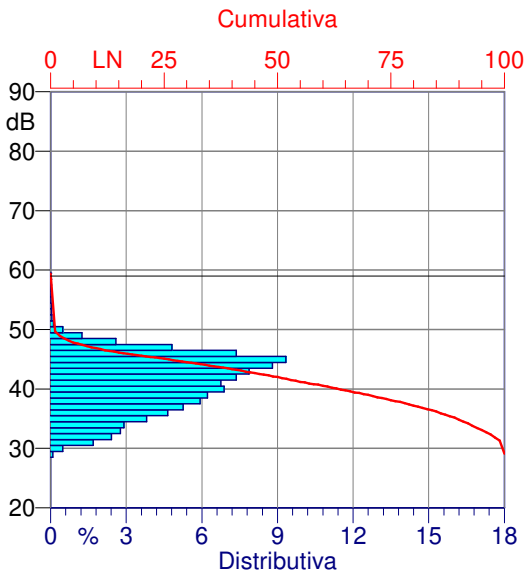
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

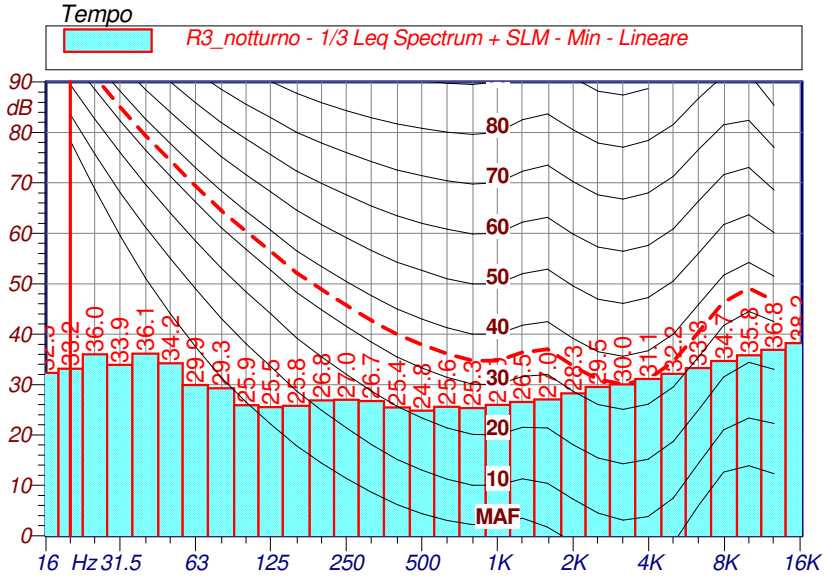
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Notturno: 22:00 - 06:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
23/01/2025	Notturno	22:00 - 23:00	**47,0**	41,4	59,4	49,7	49,1	47,4	46,5	44,1	43,5
23/01/2025	Notturno	23:00 - 00:00	**45,0**	38,2	54,0	47,8	47,0	45,4	44,6	42,1	41,4
24/01/2025	Notturno	00:00 - 01:00	**43,8**	35,3	56,8	47,1	46,1	44,2	43,0	39,6	38,8
24/01/2025	Notturno	01:00 - 02:00	**41,6**	29,1	53,6	46,2	44,9	41,9	40,1	34,4	33,0
24/01/2025	Notturno	02:00 - 03:00	**39,3**	29,4	56,6	43,2	41,8	38,4	36,6	32,4	31,6
24/01/2025	Notturno	03:00 - 04:00	**38,2**	29,3	48,3	43,1	41,5	38,0	36,3	32,1	31,5
24/01/2025	Notturno	04:00 - 05:00	**40,0**	33,7	49,8	43,0	42,2	40,3	39,3	36,6	36,0
24/01/2025	Notturno	05:00 - 06:00	**45,0**	35,8	54,3	47,9	47,2	45,8	44,8	40,4	39,3

NOTE :

Mascherato evento anomalo tra le 01:32 e le 01:34. Non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

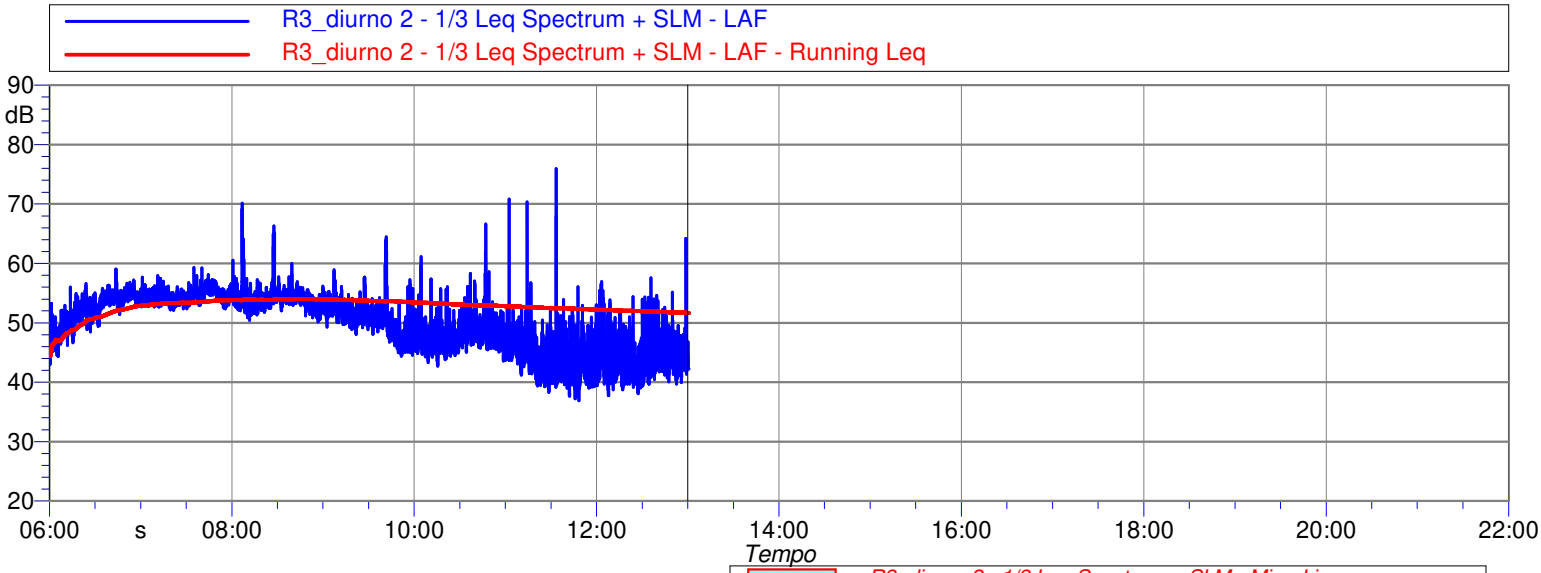
ARUP International Projects Ltd

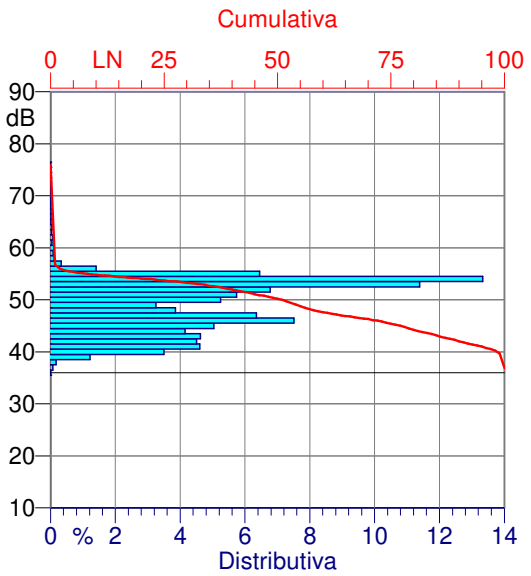
Due Diligence stage for data center campus (Vimercate)

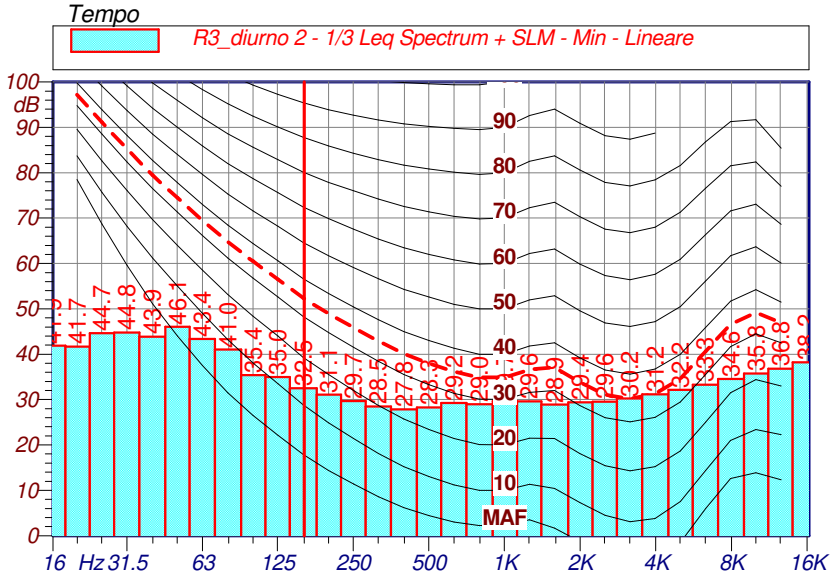
Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

Scheda di rilevamento fonometrico - 24h

Periodo Diurno: 06:00 - 13:00







Data Intervallo	Periodo	Ora Intervallo	Leq (dB(A))	Lmin	Lmax	L5	L10	L33	L50	L90	L95
24/01/2025	Diurno	06:00 - 07:00	**52,9**	43,0	59,0	55,4	55,1	53,9	53,0	47,7	46,5
24/01/2025	Diurno	07:00 - 08:00	**54,6**	52,2	59,3	56,1	55,7	54,9	54,4	53,3	53,1
24/01/2025	Diurno	08:00 - 09:00	**54,2**	50,1	70,2	55,6	55,1	54,2	53,7	52,1	51,6
24/01/2025	Diurno	09:00 - 10:00	**51,4**	44,4	64,5	54,1	53,1	51,4	50,7	46,5	45,8
24/01/2025	Diurno	10:00 - 11:00	**48,4**	42,7	66,6	51,3	49,6	47,6	47,0	45,4	44,8
24/01/2025	Diurno	11:00 - 12:00	**46,7**	36,9	75,9	48,1	47,0	44,5	43,1	40,3	39,8
24/01/2025	Diurno	12:00 - 13:00	**44,9**	37,8	64,2	49,7	47,4	43,9	42,9	40,6	40,0

NOTE :

Niente da rilevare, non si rilevano componenti tonali/impulsive.

I rilievi fonometrici e le elaborazioni numeriche sono state eseguite dai seguenti Tecnici in Acustica Ambientale :

Dott. Ing. Raffaele ABATE (ENTECA n°1396 - Decreto Regione Lombardia n°2641 del 27/03/2014)

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura LAT N° 163
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di Taratura
Accredited Calibration Laboratory

LAT N° 163

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 29869-A
Certificate of Calibration LAT 163 29869-A

- data di emissione *date of issue*	2023-05-11
- cliente *customer*	AMBIENTE S.P.A. 54033 - CARRARA (MS)
- destinatario *receiver*	AMBIENTE S.P.A. 54033 - CARRARA (MS)

Si riferisce a
Referring to

- oggetto *item*	Calibratore
- costruttore *manufacturer*	Larson & Davis
- modello *model*	CAL200
- matricola *serial number*	4481
- data di ricevimento oggetto *date of receipt of item*	2023-05-10
- data delle misure *date of measurements*	2023-05-11
- registro di laboratorio *laboratory reference*	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 163 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).
Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 163 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.
The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.
The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)

Firmato digitalmente da:
Emilio Giovanni Caglio
Data: 15/05/2023 14:27:02

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura LAT N° 163
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di Taratura
Accredited Calibration Laboratory

LAT N° 163

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 29869-A
Certificate of Calibration LAT 163 29869-A

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:
- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- gli strumenti/campioni che garantiscono la riferibilità del Centro;
- gli estremi dei certificati di taratura di tali campioni e l'Ente che li ha emessi;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:
- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- instruments or measurement standards which guarantee the traceability chain of the Centre;
- relevant calibration certificates of those standards with the issuing Body;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and enviromental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Strumenti sottoposti a verifica
Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Calibratore	Larson & Davis	CAL200	4481

Procedure tecniche, norme e campioni di riferimento
Technical procedures, Standards and Traceability

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. PR4 Rev. 19.
Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con quanto previsto dalla norma CEI EN 60942:2004 Annex B.
Le tolleranze riportate sono relative alla classe di appartenenza dello strumento come definito nella norma CEI EN 60942:2004.
Nella tabella sottostante vengono riportati gli estremi dei campioni di riferimento dai quali ha inizio la catena della riferibilità del Centro.

Strumento	Matricola	Certificato	Data taratura	Data scadenza
Microfono G.R.A.S. 40AU	81136	INIRM 22-0543-01	2022-06-29	2023-06-29
Barometro Druck RPT410V	1614002	LAT 128 128P-945/22	2022-11-07	2023-11-07
Multimetro Agilent 34401A	MY47066202	LAT 019 69886	2022-10-06	2023-10-06
Termoigrometro LogTag UHADO-16	A0C1015246F5	128U-1143/22	2022-10-24	2023-10-24

Condizioni ambientali durante le misure
Enviromental parameters during measurements

Parametro	Di riferimento	Intervallo di validità	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura / °C	23,0	da 20,0 a 26,0	23,2	23,1
Umidità / %	50,0	da 30,0 a 70,0	55,8	55,7
Pressione / hPa	1013,3	da 800,0 a 1050,0	990,1	990,1

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 29869-A
Certificate of Calibration LAT 163 29869-A

Capacità metrologiche del Centro
Metrological capabilities of the Laboratory

Nella tabella vengono riportate le capacità metrologiche del Centro per le grandezze acustiche e le relative incertezze ad esse associate.

Grandezza	Strumento in taratura	Campo di misura	Condizioni di misura	Incertezza (*)
Livello di pressione acustica (1)	Pistonofoni	124 dB	250 Hz	0,1 dB
	Calibratori	(94 - 114) dB	250 Hz, 1 kHz	0,12 dB
	Fonometri	124 dB (20 - 140) dB	250 Hz 31,5 Hz - 16 kHz	0,1 dB 0,1 - 1,2 dB (1)
	Verifica filtri a bande di 1/3 ottava Verifica filtri a bande di ottava		20 Hz < fc < 20 kHz 31,5 Hz < fc < 8 kHz	0,1 - 2,0 dB (1) 0,1 - 2,0 dB (1)
Sensibilità alla pressione acustica (1)	Microfoni a condesatore Campioni da 1/2"	114 dB	250 Hz	0,11 dB
	Working Standard da 1/2"	114 dB	250 Hz	0,15 dB

(*) L'incertezza di misura è dichiarata come incertezza estesa corrispondente al livello di fiducia al 95% ed è ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k specificato.
(1) L'incertezza dipende dalla frequenza e dalla tipologia della prova.

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 29869-A
Certificate of Calibration LAT 163 29869-A

1. Ispezione preliminare

In questa fase vengono eseguiti i controlli preliminari sulla strumentazione in taratura e i risultati vengono riportati nella tabella sottostante.

Controllo	Esito
Ispezione visiva iniziale	OK
Integrità meccanica	OK
Integrità funzionale	OK
Equilibrio termico	OK
Alimentazione	OK

2. Misurando, modalità e condizioni di misura

Il misurando è il livello di pressione acustica generato, la sua stabilità, frequenza e distorsione totale. Il livello di pressione acustica è calcolato tramite il metodo della tensione di inserzione. I valori riportati sono calcolati alle condizioni di riferimento.

3. Livello sonoro emesso

La misura del livello sonoro emesso dal calibratore acustico viene eseguita attraverso il metodo della tensione di inserzione.

Frequenza specificata Hz	SPL specificato dB re20 uPa	SPL medio misurato dB re20 uPa	Incertezza estesa effettiva di misura dB	Valore assoluto della differenza tra l'SPL misurato e l'SPL specificato, aumentato dall'incertezza estesa effettiva di misura dB	Limiti di tolleranza Tipo 1 dB	Massima incertezza estesa permessa di misura dB
1000,0	94,00	93,91	0,12	0,21	0,40	0,15
1000,0	114,00	113,93	0,12	0,19	0,40	0,15

4. Frequenza del livello generato

In questa prova viene verificata la frequenza del segnale generato.

Frequenza specificata Hz	SPL specificato dB re20 uPa	Frequenza misurata Hz	Incertezza estesa effettiva di misura %	Valore assoluto della differenza percentuale tra la frequenza misurata e la frequenza specificata, aumentato dall'incertezza estesa effettiva di misura %	Limiti di tolleranza Tipo 1 %	Massima incertezza estesa permessa di misura %
1000,0	94,00	999,59	0,01	0,05	1,00	0,30
1000,0	114,00	999,58	0,01	0,05	1,00	0,30

5. Distorsione totale del livello generato

In questa prova viene misurata la distorsione totale del segnale generato dal calibratore.

Frequenza specificata Hz	SPL specificato dB re20 uPa	Distorsione misurata %	Incertezza estesa effettiva di misura %	Distorsione misurata aumentata dall'incertezza estesa di misura %	Massima distorsione totale permessa %	Massima incertezza estesa permessa di misura %
1000,0	94,00	0,80	0,28	1,08	3,00	0,50
1000,0	114,00	0,38	0,28	0,66	3,00	0,50

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura LAT N° 163
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di Taratura
Accredited Calibration Laboratory

LAT N° 163

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 31206-A
Certificate of Calibration LAT 163 31206-A

- data di emissione *date of issue*	2023-11-07
- cliente *customer*	AMBIENTE S.P.A. 54033 - CARRARA (MS)
- destinatario *receiver*	AMBIENTE S.P.A. 54033 - CARRARA (MS)

Si riferisce a
Referring to

- oggetto *item*	Fonometro
- costruttore *manufacturer*	Larson & Davis
- modello *model*	831
- matricola *serial number*	2359
- data di ricevimento oggetto *date of receipt of item*	2023-11-02
- data delle misure *date of measurements*	2023-11-07
- registro di laboratorio *laboratory reference*	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 163 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).
Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 163 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.
The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.
The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)

Firmato digitalmente da:
EMILIO GIOVANNI CAGLIO
Data: 07/11/2023 10:21:39

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura LAT N° 163
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di Taratura
Accredited Calibration Laboratory

LAT N° 163

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 31206-A
Certificate of Calibration LAT 163 31206-A

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:
- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- gli strumenti/campioni che garantiscono la riferibilità del Centro;
- gli estremi dei certificati di taratura di tali campioni e l'Ente che li ha emessi;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:
- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- instruments or measurement standards which guarantee the traceability chain of the Centre;
- relevant calibration certificates of those standards with the issuing Body;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and enviromental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Strumenti sottoposti a verifica
Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Fonometro	Larson & Davis	831	2359
Preamplificatore	PCB Piezotronics	PRM831	29365
Microfono	AWA	AWA14423	17687
CAVO	Larson & Davis	MY	---

Procedure tecniche, norme e campioni di riferimento
Technical procedures, Standards and Traceability

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. PR1B Rev. 3.
Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con quanto previsto dalla norma CEI EN 61672-3:2014.
I limiti riportati sono relativi alla classe di appartenenza dello strumento come definito nella norma CEI EN 61672-1:2014.
Nella tabella sottostante vengono riportati gli estremi dei campioni di riferimento dai quali ha inizio la catena della riferibilità del Centro.

Strumento	Matricola	Certificato	Data taratura	Data scadenza
Pistonofono G.R.A.S. 42AA	149333	INRIM 23-0148-03	2023-02-21	2024-02-21
Multimetro Agilent 34401A	SMY41014993	LAT 019 71155	2023-03-13	2024-03-13
Barometro Druck RPT410V	1614002	LAT 128 128P-945/22	2022-11-07	2023-11-07
Calibratore Multifunzione Brüel & Kjaer 4226	2565233	SKL-2282-A	2023-10-04	2024-01-04
Termoigrometro LogTag UHADO-16	A0C1015246F5	128U-1272/23	2023-10-13	2024-10-13

Condizioni ambientali durante le misure
Enviromental parameters during measurements

Parametro	Di riferimento	Intervallo di validità	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura / °C	23,0	da 20,0 a 26,0	22,2	22,2
Umidità / %	50,0	da 30,0 a 70,0	58,0	58,0
Pressione / hPa	1013,3	da 800,0 a 1050,0	977,7	977,7

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.
Sullo strumento in esame sono state eseguite misure sia per via elettrica che per via acustica. Le misure per via elettrica sono state effettuate sostituendo alla capsula microfonica un adattatore capacitivo con impedenza elettrica equivalente a quella del microfono.
Tutti i dati riportati nel presente Certificato sono espressi in Decibel (dB). I valori di pressione sonora assoluta sono riferiti a 20 uPa.
Il numero di decimali riportato in alcune prove può differire dal numero di decimali visualizzati sullo strumento in taratura in quanto i valori riportati nel presente Certificato possono essere ottenuti dalla media di più letture.

Capacità metrologiche del Centro
Metrological capabilities of the Laboratory

Nella tabella vengono riportate le capacità metrologiche del Centro per le grandezze acustiche e le relative incertezze ad esse associate.

Grandezza	Strumento in taratura	Campo di misura	Condizioni di misura	Incertezza (*)
Livello di pressione acustica (1)	Pistonofoni	124 dB	250 Hz	0,1 dB
	Calibratori	(94 - 114) dB	250 Hz, 1 kHz	0,12 dB
	Fonometri	124 dB (20 - 140) dB	250 Hz 31,5 Hz - 16 kHz	0,1 dB 0,1 - 1,2 dB (1)
	Verifica filtri a bande di 1/3 ottava Verifica filtri a bande di ottava		20 Hz < fc < 20 kHz 31,5 Hz < fc < 8 kHz	0,1 - 2,0 dB (1) 0,1 - 2,0 dB (1)
Sensibilità alla pressione acustica (1)	Microfoni a condesatore Campioni da 1/2"	114 dB	250 Hz	0,11 dB
	Working Standard da 1/2"	114 dB	250 Hz	0,15 dB

(*) L'incertezza di misura è dichiarata come incertezza estesa corrispondente al livello di fiducia al 95% ed è ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k specificato.
(1) L'incertezza dipende dalla frequenza e dalla tipologia della prova.

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 31206-A
Certificate of Calibration LAT 163 31206-A

1. Documentazione

- La versione del firmware caricato sullo strumento in taratura è: 2.301.
- Manuale di istruzioni I831.01 Rev Q del 2017 fornito dal costruttore dello strumento.
- Campo di misura di riferimento (nominale): 26,0 - 139,0 dB - Livello di pressione sonora di riferimento: 114,0 dB - Frequenza di verifica 1000 Hz.
- I dati di correzione per calibratore multifunzione da pressione a campo libero a zero gradi sono stati forniti dal costruttore del microfono
- Nessuna informazione sull'incertezza di misura, richiesta nella IEC 61672-3:2013, relativa ai dati di correzione microfonica indicati nel manuale di istruzioni o ottenuti dal costruttore o dal fornitore del fonometro, o dal costruttore del microfono, o dal costruttore del calibratore multifrequenza, o dal costruttore dell'attuatore elettrostatico è stata pubblicata nel manuale di istruzioni o resa disponibile dal costruttore o dal fornitore del fonometro. Pertanto, l'incertezza di misura dei dati di correzione è stata considerata essere pari alla massima incertezza consentita dalla IEC 62585 per i corrispondenti dati di correzione e per un fattore di copertura corrispondente ad un intervallo di fiducia del 95%.
- Lo strumento non è stato sottoposto alle prove di valutazione del modello applicabili della IEC 61672-2:2013.
- Lo strumento sottoposto alle prove ha superato con esito positivo le prove periodiche della classe 1 della IEC 61672-3:2013, per le condizioni ambientali nelle quali esse sono state eseguite. Tuttavia, nessuna dichiarazione o conclusione generale può essere fatta sulla conformità del fonometro a tutte le prescrizioni della IEC 61672-1:2013 poichè non è pubblicamente disponibile la prova, da parte di un'organizzazione di prova indipendente responsabile dell'approvazione dei modelli, per dimostrare che il modello di fonometro è risultato completamente conforme alle prescrizioni della IEC 61672-1:2013 e perchè le prove periodiche della IEC 61672-3:2013 coprono solo una parte limitata delle specifiche della IEC 61672-1:2013.

2. Ispezione preliminare ed elenco prove effettuate

Descrizione: Nelle tabelle sottostanti vengono riportati i risultati dei controlli preliminari e l'elenco delle prove effettuate sulla strumentazione in taratura.

Controllo	Esito
Ispezione visiva iniziale	OK
Integrità meccanica	OK
Integrità funzionale	OK
Equilibrio termico	OK
Alimentazione	OK

Prova	Esito
Rumore autogenerato	Positivo
Ponderazioni di frequenza con segnali acustici	Positivo
Ponderazioni di frequenza con segnali elettrici	Positivo
Ponderazioni di frequenza e temporali a 1 kHz	Positivo
Selettore campo misura	Positivo
Linearità livello campo misura riferimento	Positivo
Treni d'onda	Positivo
Livello sonoro di picco C	Positivo
Indicazione di sovraccarico	Positivo
Stabilità ad alti livelli	Positivo
Stabilità a lungo termine	Positivo

3. Indicazione alla frequenza di verifica della taratura (Calibrazione)

Descrizione: Prima di avviare la procedura di taratura dello strumento in esame si provvede alla verifica della calibrazione mediante l'applicazione di un idoneo calibratore acustico. Se necessario viene effettuata una nuova calibrazione come specificato dal costruttore.

Impostazioni: Campo di misura di riferimento, funzione calibrazione, se disponibile, altrimenti pesatura di frequenza C e ponderazione temporale Fast o Slow o in alternativa media temporale.

Calibrazione	
Calibratore acustico utilizzato	Larson & Davis CA250 sn. 5333
Certificato del calibratore utilizzato	SKL-2281-A del 2023-10-04
Frequenza nominale del calibratore	251,2 Hz
Livello atteso	114,0 dB
Livello indicato dallo strumento prima della calibrazione	114,0 dB
Livello indicato dallo strumento dopo la calibrazione	114,0 dB
E' stata effettuata una nuova calibrazione	NO

4. Rumore autogenerato

Descrizione: Viene verificato il rumore autogenerato dallo strumento. Per la verifica del rumore elettrico, la capacità equivalente di ingresso viene cortocircuitata tramite un apposito adattatore capacitivo di capacità paragonabile a quella del microfono. Per la verifica del rumore acustico devono essere montati anche eventuali accessori.

Impostazioni: Media temporale, campo di misura più sensibile. La verifica del rumore autogenerato con microfono installato viene invece effettuata installando il microfono ed eventuali accessori con lo strumento impostato nel campo di misura più sensibile, media temporale e ponderazione di frequenza A.

Letture: Per ciascuna ponderazione di frequenza di cui è dotato lo strumento, viene rilevato il livello sonoro con media temporale mediato per 30 s, o per un periodo superiore se così richiesto dal manuale di istruzioni.

Ponderazione di frequenza	Tipo di rumore	Rumore dB
A	Elettrico	5,7
C	Elettrico	9,4
Z	Elettrico	16,3
A	Acustico	16,4

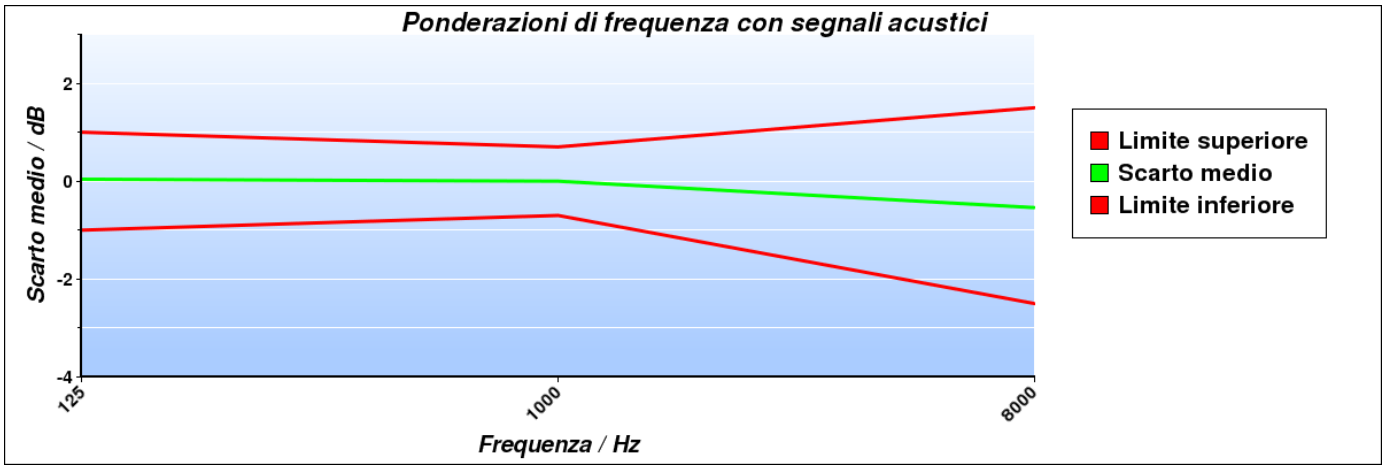
5. Prove di ponderazione di frequenza con segnali acustici

Descrizione: Tramite un calibratore multifrequenza, si inviano al microfono dei segnali acustici sinusoidali con un livello nominale compreso tra 94 dB e 114 dB alle frequenze di 125 Hz, 1000 Hz e 8000 Hz al fine di verificare la risposta acustica dell'intera catena di misura. Gli scarti riportati nella tabella successiva sono riferiti al valore a 1000 Hz. L'origine delle eventuali correzioni applicate è riportata nel paragrafo "Documentazione".

Impostazioni: Ponderazione di frequenza C, ponderazione temporale Fast, campo di misura di riferimento e indicazione Lp.

Letture: Per ciascuna frequenza di prova, vengono riportati i livelli letti sullo strumento in taratura.

Frequenza nominale Hz	Correzione livello dB	Correzione microfono dB	Correzione accessorio dB	Lettura corretta dB	Ponderazione C rilevata dB	Ponderazione C teorica dB	Incertezza dB	Scarto medio dB	Limiti Accettabilità Classe 1 / dB
125	-0,03	0,00	0,00	93,83	-0,16	-0,20	0,31	0,04	±1,0
1000	0,00	0,09	0,00	93,99	0,00	0,00	0,26	Riferimento	±0,7
8000	-0,15	3,20	0,00	90,45	-3,54	-3,00	0,50	-0,54	+1,5/-2,5



Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

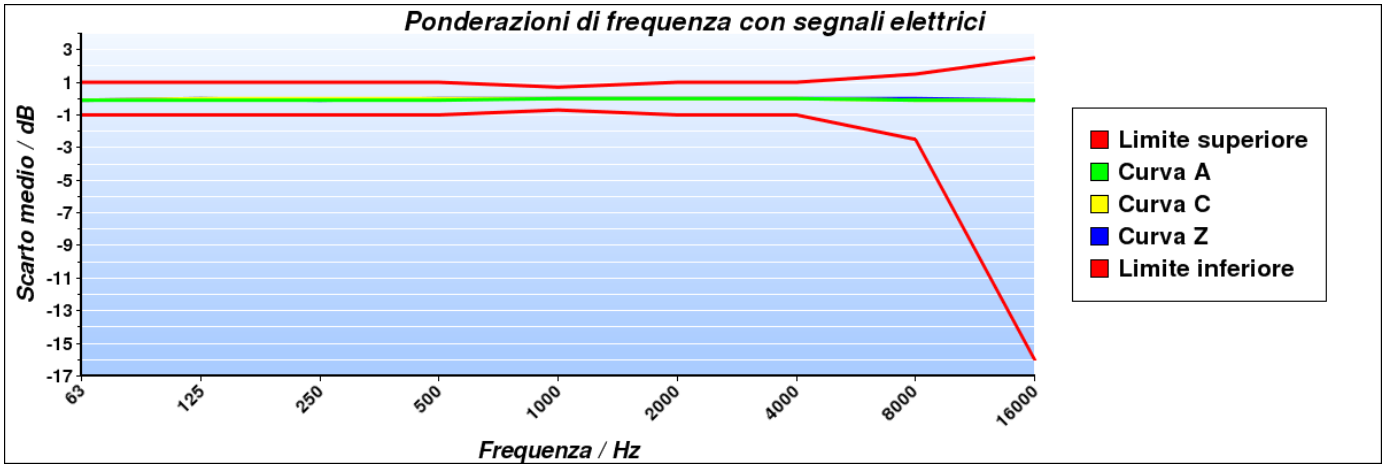
6. Prove delle ponderazioni di frequenza con segnali elettrici

Descrizione: Le ponderazioni di frequenza devono essere determinate in rapporto alla risposta ad 1 kHz utilizzando segnali di ingresso elettrici sinusoidali regolati per fornire una indicazione che sia 45 dB inferiore al limite superiore del campo di misura di riferimento, e per tutte le tre ponderazioni di frequenza tra A, C, Z e Piatta delle quali lo strumento è dotato.

Impostazioni: Ponderazione temporale Fast, campo di misura di riferimento, tutte le ponderazioni di frequenza disponibili tra A, C, Z e Piatta

Letture: Per ciascuna ponderazione di frequenza da verificare, viene rilevata la differenza tra il livello di prova a ciascuna frequenza e il riferimento ad 1 kHz. Eventuali correzioni specificate dal costruttore devono essere considerate.

Frequenza nominale Hz	Curva A Scarto medio dB	Curva C Scarto medio dB	Curva Z Scarto medio dB	Incertezza dB	Limiti accettabilità Classe 1 / dB
63	-0,10	-0,10	-0,10	0,14	±1,0
125	-0,10	0,00	0,00	0,14	±1,0
250	-0,10	0,00	-0,10	0,14	±1,0
500	-0,10	0,00	0,00	0,14	±1,0
1000	0,00	0,00	0,00	0,14	±0,7
2000	0,00	0,00	0,00	0,14	±1,0
4000	0,00	0,00	0,00	0,14	±1,0
8000	-0,10	-0,10	0,00	0,14	+1,5/-2,5
16000	-0,10	-0,10	-0,10	0,14	+2,5/-16,0



7. Ponderazioni di frequenza e temporali a 1 kHz

Descrizione: La prova consiste nella verifica delle differenze tra il livello di calibrazione ad 1 kHz con ponderazione di frequenza A e le ponderazioni di frequenza C, Z e Piatta misurate con ponderazione temporale Fast o media temporale. Inoltre, le indicazioni con la ponderazione di frequenza A devono essere registrate con lo strumento regolato per indicare il livello con ponderazione temporale F, il livello sonoro con ponderazione temporale S e il livello sonoro con media temporale, se disponibili.

Impostazioni: Campo di misura di riferimento, regolazione al livello di 114,0 dB ad 1 kHz con pesatura di frequenza A e temporale Fast; in successione, tutte le pesature di frequenza disponibili tra C, Z e Piatta e le ponderazioni temporali Slow e media temporale con pesatura di frequenza A.

Letture: Per ciascuna ponderazione di frequenza e temporale da verificare viene letta l'indicazione dello strumento.

Ponderazione	Riferimento dB	Scarto dB	Incertezza dB	Limiti accettab. Classe 1 / dB
Fast C	114,00	0,00	0,12	±0,2
Fast Z	114,00	0,00	0,12	±0,2
Slow A	114,00	0,00	0,12	±0,1
Leq A	114,00	0,00	0,12	±0,1

8. Linearità di livello comprendente il selettore (comando) del campo di misura

Descrizione: Tramite questa prova vengono verificati gli errori di linearità dei campi di misura non di riferimento e gli errori introdotti dal selettore del campo di misura. La verifica dell'errore introdotto dal selettore viene effettuata con un segnale elettrico sinusoidale ad una frequenza di 1 kHz regolato per fornire l'indicazione del livello di pressione sonora di riferimento, pari a 114,0 dB, nel campo di misura di riferimento. Per la verifica degli errori di linearità si utilizza un segnale elettrico sinusoidale, calcolato a partire dal segnale che causa lo spegnimento dell'indicazione di livello insufficiente, che dia un'indicazione di 5 dB superiore al livello a cui si è spenta l'indicazione di livello insufficiente, per quel campo di misura ad 1 kHz.

Impostazioni: Ponderazione temporale Fast, ponderazione di frequenza A e tutti i campi di misura non di riferimento.

Letture: Per ciascun campo di misura da verificare, si legge sullo strumento l'indicazione con ponderazione temporale Fast o media temporale.

Campo di misura dB	Livello atteso dB	Lettura media dB	Scarto medio dB	Incertezza dB	Limiti accettabilità Classe 1 / dB
19-120 (Under Range + 5)	29,70	29,70	0,00	0,14	±0,8
19-120 (Riferimento)	114,00	114,00	0,00	0,14	±0,8

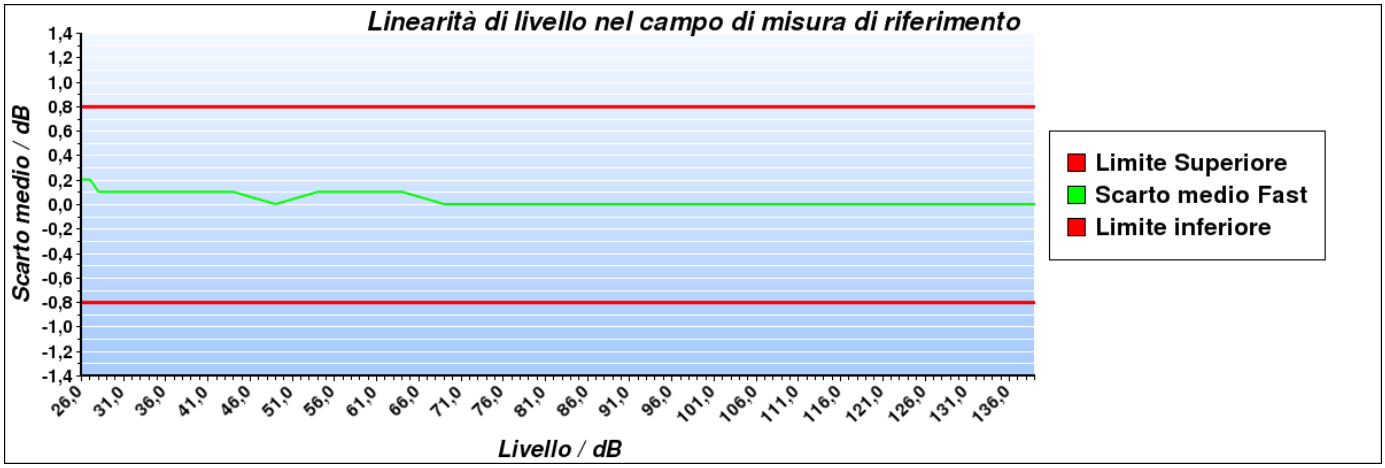
9. Linearità di livello nel campo di misura di riferimento

Descrizione: La linearità di livello viene verificata con segnali elettrici sinusoidali stazionari ad una frequenza di 8 kHz. La prova inizia con il segnale di ingresso regolato per indicare 114,0 dB e aumentando il livello del segnale di ingresso di gradini di 5 dB fino a 5 dB dal limite superiore per il campo di funzionamento lineare a 8 kHz, poi aumentando il livello di gradini di 1 dB fino alla prima indicazione di sovraccarico, non inclusa. Successivamente, sempre partendo dal punto di inizio, si diminuisce il livello del segnale di ingresso a gradini di 5 dB fino a 5 dB dal limite inferiore del campo di misura di riferimento, poi diminuendo il livello del segnale di gradini di 1 dB fino alla prima indicazione di livello insufficiente o, se non disponibile, fino al limite inferiore del campo di funzionamento lineare.

Impostazioni: Ponderazione temporale Fast, campo di misura di riferimento e ponderazione di frequenza A.

Letture: Per ciascun livello da verificare, viene rilevata la differenza tra il livello visualizzato sullo strumento e il corrispondente livello sonoro atteso.

Livello generato dB	Incertezza dB	Scarto medio dB	Limiti accettabilità Classe 1 / dB	Livello generato dB	Incertezza dB	Scarto medio dB	Limiti accettabilità Classe 1 / dB
114,0	0,14	Riferimento	±0,8	79,0	0,14	0,00	±0,8
119,0	0,14	0,00	±0,8	74,0	0,14	0,00	±0,8
124,0	0,14	0,00	±0,8	69,0	0,14	0,00	±0,8
129,0	0,14	0,00	±0,8	64,0	0,14	0,10	±0,8
134,0	0,14	0,00	±0,8	59,0	0,14	0,10	±0,8
135,0	0,14	0,00	±0,8	54,0	0,14	0,10	±0,8
136,0	0,14	0,00	±0,8	49,0	0,14	0,00	±0,8
137,0	0,14	0,00	±0,8	44,0	0,14	0,10	±0,8
138,0	0,14	0,00	±0,8	39,0	0,14	0,10	±0,8
139,0	0,14	0,00	±0,8	34,0	0,14	0,10	±0,8
114,0	0,14	Riferimento	±0,8	31,0	0,14	0,10	±0,8
109,0	0,14	0,00	±0,8	30,0	0,14	0,10	±0,8
104,0	0,14	0,00	±0,8	29,0	0,14	0,10	±0,8
99,0	0,14	0,00	±0,8	28,0	0,14	0,10	±0,8
94,0	0,14	0,00	±0,8	27,0	0,14	0,20	±0,8
89,0	0,14	0,00	±0,8	26,0	0,14	0,20	±0,8
84,0	0,14	0,00	±0,8				



10. Risposta a treni d'onda

Descrizione: La risposta dello strumento a segnali di breve durata viene verificata attraverso dei treni d'onda di 4 kHz, con durate di 200 ms, 2 ms e 0,25 ms, che iniziano e finiscono sul passaggio per lo zero e sono estratti da segnali di ingresso elettrici sinusoidali di 4 kHz. Il livello di riferimento del segnale sinusoidale continuo è pari a 136,0 dB.

Impostazioni: Campo di misura di riferimento, ponderazione di frequenza A, ponderazioni temporali FAST e SLOW e livello di esposizione sonora (SEL) o, nel caso quest'ultimo non sia disponibile, il livello sonoro con media temporale.

Letture: Per ciascuna pesatura da verificare, viene calcolata la differenza tra il livello sonoro massimo visualizzato sullo strumento e il corrispondente livello sonoro atteso. Per le misure del livello di esposizione sonora viene calcolata la differenza tra il livello di esposizione sonora letto sullo strumento e il corrispondente livello di esposizione sonora atteso.

Ponderazione di frequenza	Durata Burst ms	Livello atteso dB	Lettura media dB	Scarto medio dB	Incertezza dB	Limiti accettabilità Classe 1 / dB
Fast	200	135,00	134,90	-0,10	0,14	±0,5
Slow	200	128,60	128,40	-0,20	0,14	±0,5
SEL	200	129,00	128,90	-0,10	0,14	±0,5
Fast	2	118,00	117,70	-0,30	0,14	+1,0/-1,5
Slow	2	109,00	108,80	-0,20	0,14	+1,0/-3,0
SEL	2	109,00	108,90	-0,10	0,14	+1,0/-1,5
Fast	0,25	109,00	108,50	-0,50	0,14	+1,0/-3,0
SEL	0,25	100,00	99,80	-0,20	0,14	+1,0/-3,0

11. Livello sonoro di picco C

Descrizione: Questa prova permette di verificare il funzionamento del rilevatore di picco. Vengono utilizzati tre diversi tipi di segnali: una forma d'onda a 8 kHz, una mezza forma d'onda positiva a 500 Hz e una mezza forma d'onda negativa a 500 Hz. Questi segnali di test vengono estratti rispettivamente da un segnale sinusoidale stazionario alla frequenza di 8 kHz che fornisca sullo strumento un'indicazione pari a 135,0 dB e da un segnale sinusoidale stazionario alla frequenza di 500 Hz che fornisca un'indicazione pari a 135,0 dB.

Impostazioni: Campo di misura meno sensibile, ponderazione di frequenza C, ponderazione temporale Fast e picco.

Letture: Per ciascun tipo di segnale da verificare, viene calcolata la differenza tra il livello sonoro di picco C visualizzato sullo strumento e il corrispondente livello sonoro di picco atteso.

Tipo di segnale	Livello di riferimento dB	Livello atteso dB	Lettura media dB	Scarto medio dB	Incertezza dB	Limiti accettabilità Classe 1 / dB
1 ciclo 8 kHz	135,00	138,40	137,80	-0,60	0,16	±2,0
½ ciclo 500 Hz +	135,00	137,40	137,10	-0,30	0,16	±1,0
½ ciclo 500 Hz -	135,00	137,40	137,10	-0,30	0,16	±1,0

12. Indicazione di sovraccarico

Descrizione: Questa prova permette di verificare il funzionamento dell'indicatore di sovraccarico. Dopo aver regolato il livello del segnale elettrico stazionario di ingresso in modo da visualizzare sullo strumento un'indicazione pari a 140,0 dB, vengono inviati segnali elettrici sinusoidali di mezzo ciclo positivo ad una frequenza di 4 kHz incrementando di volta in volta il livello fino alla prima indicazione di sovraccarico. L'operazione viene poi ripetuta con segnali di mezzo ciclo negativo.

Impostazioni: Campo di misura meno sensibile, ponderazione di frequenza A e media temporale.

Letture: Viene calcolata la differenza tra i livelli positivo e negativo che hanno portato all'indicazione di sovraccarico sullo strumento.

Livello di riferimento dB	½ ciclo positivo dB	½ ciclo negativo dB	Differenza dB	Incertezza dB	Limiti accettabilità Classe 1 / dB
140,0	139,2	139,2	0,0	0,14	±1,5

L'indicatore di sovraccarico è rimasto correttamente memorizzato dopo che si è prodotta una condizione di sovraccarico sullo strumento.

13. Stabilità ad alti livelli

Descrizione: Questa prova permette di verificare la stabilità dello strumento quando opera continuativamente con segnali di livello elevato. Dopo aver regolato il livello del segnale elettrico stazionario di ingresso in modo da visualizzare sullo strumento un'indicazione pari a 138,0 dB, si registra il livello visualizzato e si continua ad applicare il segnale per 5 minuti al termine dei quali viene nuovamente registrato il livello indicato.

Impostazioni: Campo di misura meno sensibile, ponderazione di frequenza A e ponderazione di frequenza Fast, Slow o Leq su 10 secondi.

Letture: Viene calcolata la differenza tra i livelli indicati dallo strumento all'inizio della prova e dopo 5 minuti di esposizione al segnale ad alto livello.

Livello di riferimento dB	Livello iniziale dB	Livello finale dB	Scarto medio dB	Incertezza dB	Limiti accettabilità Classe 1 / dB
138,0	138,0	138,0	0,0	0,09	±0,1

14. Stabilità a lungo termine

Descrizione: Questa prova permette di verificare la capacità dello strumento di operare continuamente con segnali di medio livello. Dopo aver regolato il livello del segnale elettrico stazionario di ingresso, in modo da visualizzare sullo strumento un'indicazione pari a 114,0 dB, si registra il livello visualizzato e si continua ad applicare il segnale per un intervallo di tempo variabile tra 25 minuti e 35 minuti al termine del quale viene nuovamente registrato il livello indicato.

Impostazioni: Campo di misura di riferimento, ponderazione di frequenza A e ponderazione di frequenza Fast, Slow o Leq su 10 secondi.

Letture: Viene calcolata la differenza tra i livelli indicati dallo strumento all'inizio e alla fine della prova.

Livello di riferimento dB	Livello iniziale dB	Livello finale dB	Scarto medio dB	Incertezza dB	Limiti accettabilità Classe 1 / dB
114,0	114,0	114,0	0,0	0,09	±0,1

Calibration Certificate

Certificate Number 2023007335

Customer:

Spectra
Via J.F. Kennedy, 19
Vimercate, MB 20871, Italy

Model Number	831C	***Procedure Number***	D0001.8384	
Serial Number	12259	***Technician***	Jacob Cannon	
Test Results	**Pass**	***Calibration Date***	12 Jun 2023	
Initial Condition	As Manufactured	***Calibration Due***		
		Temperature	23.82 °C	± 0.25 °C
Description	Larson Davis Model 831C Class 1 Sound Level Meter Firmware Revision: 04.8.2R227	***Humidity***	50.2 %RH	± 2.0 %RH
		Static Pressure	85.78 kPa	± 0.13 kPa

Evaluation Method ***Tested with:*** ***Data reported in dB re 20 µPa.***

Larson Davis CAL200. S/N 9079
Larson Davis CAL291. S/N 0108
Larson Davis PRM831. S/N 077445
PCB 377B02. S/N 347948

Compliance Standards Compliant to Manufacturer Specifications and the following standards when combined with Calibration Certificate from procedure D0001.8378:

IEC 60651:2001 Type 1	ANSI S1.4-2014 Class 1
IEC 60804:2000 Type 1	ANSI S1.4 (R2006) Type 1
IEC 61260:2014 Class 1	ANSI S1.11-2014 Class 1
IEC 61672:2013 Class 1	ANSI S1.43 (R2007) Type 1

Issuing lab certifies that the instrument described above meets or exceeds all specifications as stated in the referenced procedure (unless otherwise noted). It has been calibrated using measurement standards traceable to the International System of Units (SI) through the National Institute of Standards and Technology (NIST), or other national measurement institutes, and meets the requirements of ISO/IEC 17025:2017.
Test points marked with a ‡ in the uncertainties column do not fall within this laboratory's scope of accreditation.

The quality system is registered to ISO 9001:2015.

This calibration is a direct comparison of the unit under test to the listed reference standards and did not involve any sampling plans to complete. No allowance has been made for the instability of the test device due to use, time, etc. Such allowances would be made by the customer as needed.

The uncertainties were computed in accordance with the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). A coverage factor of approximately 2 sigma (k=2) has been applied to the standard uncertainty to express the expanded uncertainty at approximately 95% confidence level.

This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the organization issuing this report.

Correction data from Larson Davis SoundAdvisor Model 831C Reference Manual, I831C.01 Rev M, 2019-09-10

For 1/4" microphones, the Larson Davis ADP024 1/4" to 1/2" adaptor is used with the calibrators and the Larson Davis ADP043 1/4" to 1/2" adaptor is used with the preamplifier.

LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo, UT 84601, United States
716-684-0001

ACCREDITED CERT #3622.01

LARSON DAVIS A PCB DIVISION

Calibration Check Frequency: 1000 Hz; Reference Sound Pressure Level: 114 dB re 20 µPa; Reference Range: 0 dB gain

Periodic tests were performed in accordance with procedures from IEC 61672-3:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part3.

Pattern approval for IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1 successfully completed by Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) on 2019-05-13 certificate number DE-17-M-PTB-0076.

The sound level meter submitted for testing successfully completed the periodic tests of IEC 61672-3:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 3, for the environmental conditions under which the tests were performed. As evidence was publicly available, from an independent testing organization responsible for approving the results of pattern-evaluation tests performed in accordance with IEC 61672-2:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 2, to demonstrate that the model of sound level meter fully conformed to the class 1 specifications in IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1; the sound level meter submitted for testing conforms to the class 1specifications in IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1.

Standards Used

Description	Cal Date	Cal Due	Cal Standard
Larson Davis CAL291 Residual Intensity Calibrator	2022-09-09	2023-09-09	001250
Hart Scientific 2626-S Humidity/Temperature Sensor	2023-02-20	2024-08-20	006946
Larson Davis CAL200 Acoustic Calibrator	2022-07-21	2023-07-21	007027
Larson Davis Model 831	2023-02-22	2024-02-22	007182
PCB 377A13 1/2 inch Prepolarized Pressure Microphone	2023-03-06	2024-03-06	007185
SRS DS360 Ultra Low Distortion Generator	2023-03-30	2024-03-30	007635
Larson Davis 1/2" Preamplifier for Model 831 Type 1	2022-09-28	2023-09-28	PCB0004783

Acoustic Calibration

Measured according to IEC 61672-3:2013 10 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 10

Measurement	Test Result [dB]	Lower Limit [dB]	Upper Limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
1000 Hz	114.01	113.80	114.20	0.14	Pass

Loaded Circuit Sensitivity

Measurement	Test Result [dB re 1 V / Pa]	Lower Limit [dB re 1 V / Pa]	Upper Limit [dB re 1 V / Pa]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
1000 Hz	-26.76	-27.84	-24.74	0.14	Pass

-- End of measurement results--

Acoustic Signal Tests, C-weighting

Measured according to IEC 61672-3:2013 12 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 12 using a comparison coupler with Unit Under Test (UUT) and reference SLM using slow time-weighted sound level for compliance to IEC 61672-1:2013 5.5; ANSI S1.4-2014 Part 1: 5.5

Frequency [Hz]	Test Result [dB]	Expected [dB]	Lower Limit [dB]	Upper Limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
125	-0.03	-0.20	-1.20	0.80	0.23	Pass
1000	0.12	0.00	-0.70	0.70	0.23	Pass
8000	-2.79	-3.00	-5.50	-1.50	0.32	Pass

-- End of measurement results--

Self-generated Noise

Measured according to IEC 61672-3:2013 11.1 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 11.1

Measurement	Test Result [dB]
A-weighted, 20 dB gain	40.05

-- End of measurement results--

-- End of Report--

Signatory: Jacob Cannon

Calibration Certificate

Certificate Number 2023007321

Customer:

Spectra
Via J.F. Kennedy, 19
Vimercate, MB 20871, Italy

Model Number	831C	***Procedure Number***	D0001.8378	
Serial Number	12259	***Technician***	Jacob Cannon	
Test Results	**Pass**	***Calibration Date***	12 Jun 2023	
Initial Condition	As Manufactured	***Calibration Due***		
		Temperature	23.8 °C	± 0.25 °C
Description	Larson Davis Model 831C Class 1 Sound Level Meter Firmware Revision: 04.8.2R227	***Humidity***	51 %RH	± 2.0 %RH
		Static Pressure	85.78 kPa	± 0.13 kPa

Evaluation Method Tested electrically using Larson Davis PRM831 S/N 077445 and a 12.0 pF capacitor to simulate microphone capacitance. Data reported in dB re 20 µPa assuming a microphone sensitivity of 50.0 mV/Pa.

Compliance Standards Compliant to Manufacturer Specifications and the following standards when combined with Calibration Certificate from procedure D0001.8384:

IEC 60651:2001 Type 1	ANSI S1.4-2014 Class 1
IEC 60804:2000 Type 1	ANSI S1.4 (R2006) Type 1
IEC 61672:2013 Class 1	ANSI S1.43 (R2007) Type 1
IEC 61260:2014 Class 1	ANSI S1.11-2014 Class 1

Issuing lab certifies that the instrument described above meets or exceeds all specifications as stated in the referenced procedure (unless otherwise noted). It has been calibrated using measurement standards traceable to the International System of Units (SI) through the National Institute of Standards and Technology (NIST), or other national measurement institutes, and meets the requirements of ISO/IEC 17025:2017. **Test points marked with a ‡ in the uncertainties column do not fall within this laboratory's scope of accreditation.**

The quality system is registered to ISO 9001:2015.

This calibration is a direct comparison of the unit under test to the listed reference standards and did not involve any sampling plans to complete. No allowance has been made for the instability of the test device due to use, time, etc. Such allowances would be made by the customer as needed.

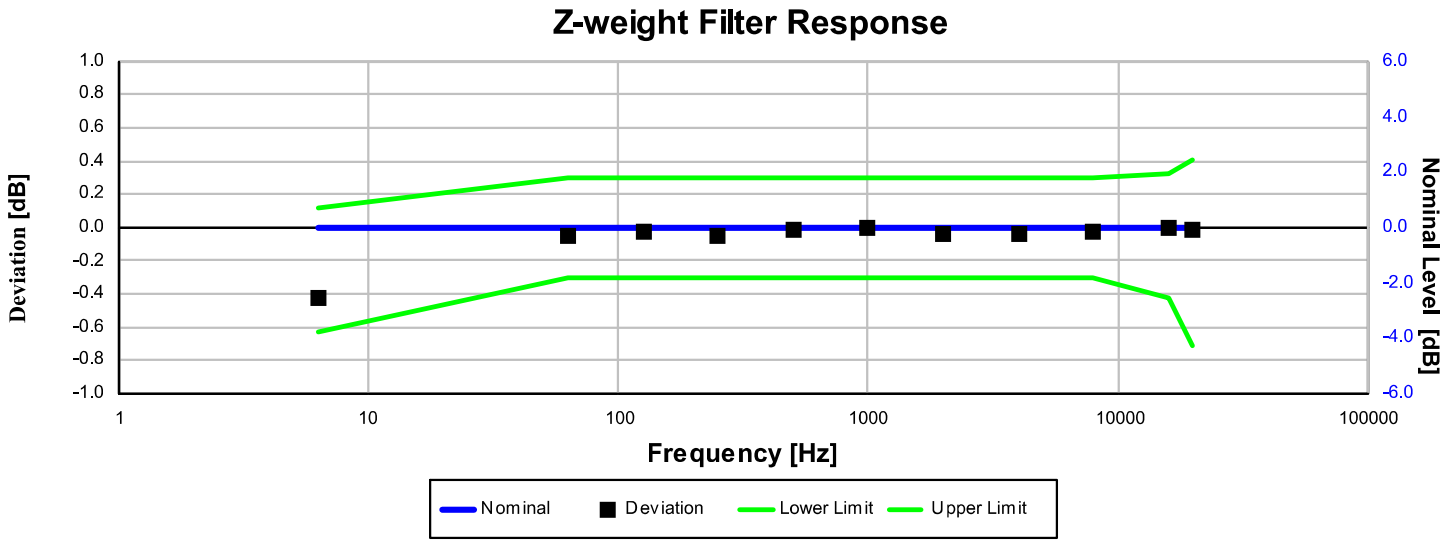
The uncertainties were computed in accordance with the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). A coverage factor of approximately 2 sigma (k=2) has been applied to the standard uncertainty to express the expanded uncertainty at approximately 95% confidence level.

This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the organization issuing this report.

Correction data from Larson Davis SoundAdvisor Model 831C Reference Manual, I831C.01 Rev M, 2019-09-10

Calibration Check Frequency: 1000 Hz; Reference Sound Pressure Level: 114 dB re 20 µPa; Reference Range: 0 dB gain

Standards Used			
Description	**Cal Date**	**Cal Due**	**Cal Standard**
Hart Scientific 2626-S Humidity/Temperature Sensor	2023-02-20	2024-08-20	006946
SRS DS360 Ultra Low Distortion Generator	2022-09-02	2023-09-02	007167

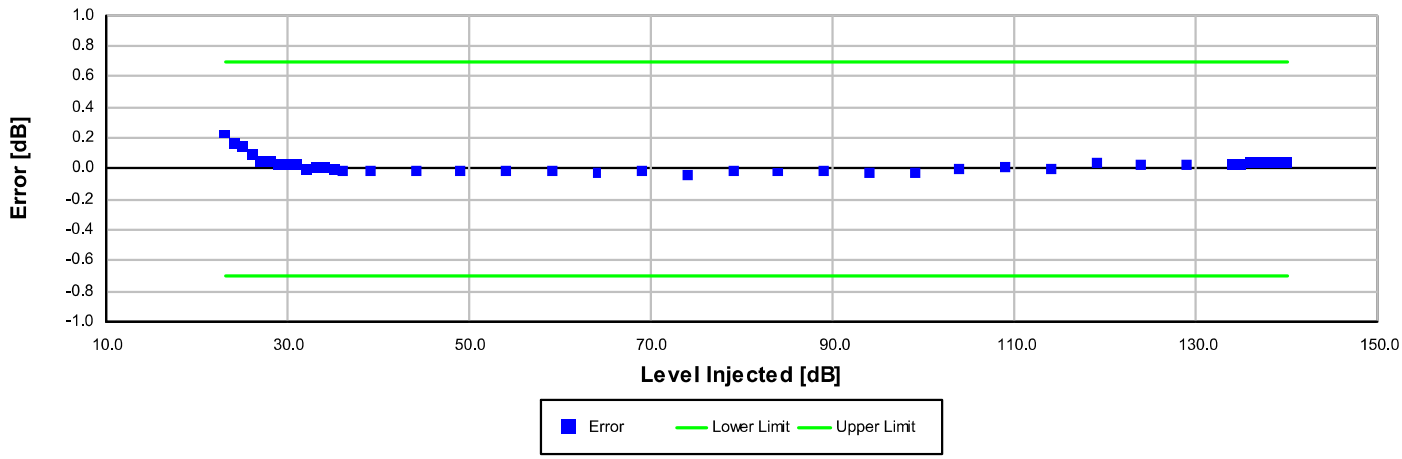


Electrical signal test of frequency weighting performed according to IEC 61672-3:2013 13 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 13 for compliance to IEC 61672-1:2013 5.5; IEC 60651:2001 6.1 and 9.2.2; IEC 60804:2000 5; ANSI S1.4:1983 (R2006) 5.1 and 8.2.1; ANSI S1.4-2014 Part 1: 5.5

Frequency [Hz]	Test Result [dB]	Deviation [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
6.31	-0.43	-0.43	-0.63	0.12	0.15	Pass
63.10	-0.05	-0.05	-0.30	0.30	0.15	Pass
125.89	-0.02	-0.02	-0.30	0.30	0.15	Pass
251.19	-0.05	-0.05	-0.30	0.30	0.15	Pass
501.19	-0.02	-0.02	-0.30	0.30	0.15	Pass
1,000.00	0.00	0.00	-0.30	0.30	0.15	Pass
1,995.26	-0.04	-0.04	-0.30	0.30	0.15	Pass
3,981.07	-0.04	-0.04	-0.30	0.30	0.15	Pass
7,943.28	-0.02	-0.02	-0.30	0.30	0.15	Pass
15,848.93	-0.01	-0.01	-0.42	0.32	0.15	Pass
19,952.62	-0.01	-0.01	-0.71	0.41	0.15	Pass

-- End of measurement results--

A-weighted 0 dB Gain Broadband Log Linearity: 8,000.00 Hz



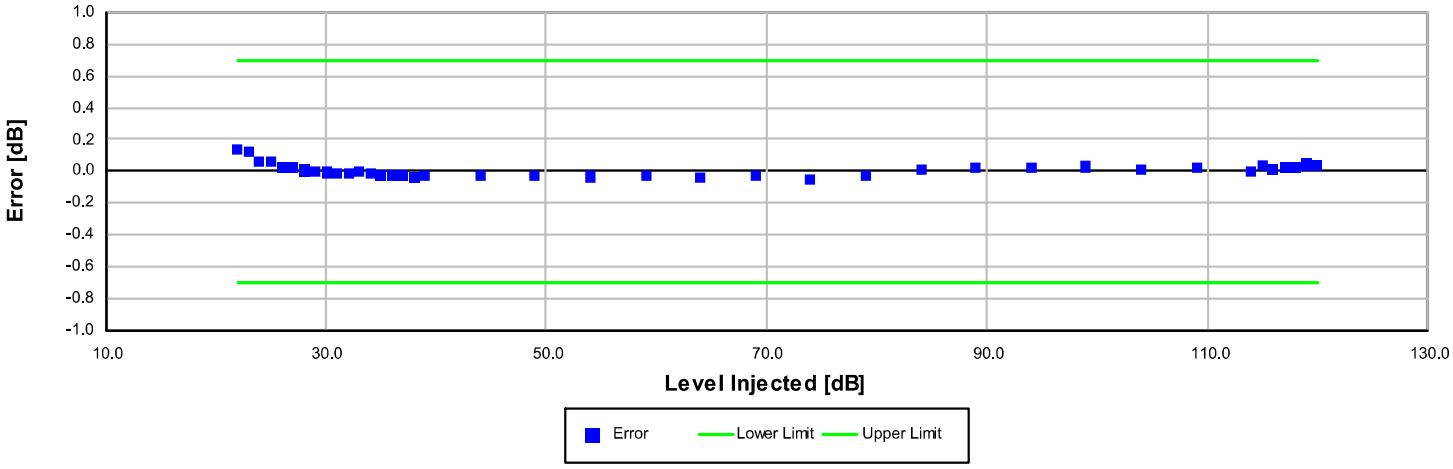
Broadband level linearity performed according to IEC 61672-3:2013 16 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 16 for compliance to IEC 61672-1:2013 5.6, IEC 60804:2000 6.2, IEC 61252:2002 8, ANSI S1.4 (R2006) 6.9, ANSI S1.4-2014 Part 1: 5.6, ANSI S1.43 (R2007) 6.2

Level [dB]	Error [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
23.00	0.23	-0.70	0.70	0.16	Pass
24.00	0.16	-0.70	0.70	0.16	Pass
25.00	0.14	-0.70	0.70	0.16	Pass
26.00	0.10	-0.70	0.70	0.16	Pass
27.00	0.06	-0.70	0.70	0.16	Pass
28.00	0.05	-0.70	0.70	0.16	Pass
29.00	0.02	-0.70	0.70	0.18	Pass
30.00	0.03	-0.70	0.70	0.17	Pass
31.00	0.02	-0.70	0.70	0.17	Pass
32.00	0.00	-0.70	0.70	0.17	Pass
33.00	0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
34.00	0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
35.00	-0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
36.00	-0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
39.00	-0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
44.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
49.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
54.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
59.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
64.00	-0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
69.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
74.00	-0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
79.00	-0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
84.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
89.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
94.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
99.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
104.00	0.00	-0.70	0.70	0.15	Pass
109.00	0.01	-0.70	0.70	0.15	Pass
114.00	0.00	-0.70	0.70	0.15	Pass
119.00	0.04	-0.70	0.70	0.15	Pass
124.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
129.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
134.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
135.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
136.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass

Level [dB]	Error [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
137.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
138.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
139.00	0.04	-0.70	0.70	0.15	Pass
140.00	0.04	-0.70	0.70	0.15	Pass

-- End of measurement results--

A-weighted 20 dB Gain Broadband Log Linearity: 8,000.00 Hz



Broadband level linearity performed according to IEC 61672-3:2013 16 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 16 for compliance to IEC 61672-1:2013 5.6, IEC 60804:2000 6.2, IEC 61252:2002 8, ANSI S1.4 (R2006) 6.9, ANSI S1.4-2014 Part 1: 5.6, ANSI S1.43 (R2007) 6.2

Level [dB]	Error [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
22.00	0.14	-0.70	0.70	0.16	Pass
23.00	0.12	-0.70	0.70	0.16	Pass
24.00	0.07	-0.70	0.70	0.16	Pass
25.00	0.06	-0.70	0.70	0.16	Pass
26.00	0.03	-0.70	0.70	0.19	Pass
27.00	0.02	-0.70	0.70	0.18	Pass
28.00	0.01	-0.70	0.70	0.19	Pass
29.00	0.00	-0.70	0.70	0.18	Pass
30.00	-0.01	-0.70	0.70	0.17	Pass
31.00	-0.01	-0.70	0.70	0.17	Pass
32.00	-0.02	-0.70	0.70	0.17	Pass
33.00	0.00	-0.70	0.70	0.16	Pass
34.00	-0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
35.00	-0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
36.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
37.00	-0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
38.00	-0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
39.00	-0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
44.00	-0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
49.00	-0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
54.00	-0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
59.00	-0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
64.00	-0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
69.00	-0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
74.00	-0.05	-0.70	0.70	0.16	Pass
79.00	-0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
84.00	0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
89.00	0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
94.00	0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
99.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
104.00	0.01	-0.70	0.70	0.15	Pass
109.00	0.02	-0.70	0.70	0.15	Pass
114.00	0.00	-0.70	0.70	0.15	Pass
115.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
116.00	0.02	-0.70	0.70	0.15	Pass
117.00	0.02	-0.70	0.70	0.15	Pass

Level [dB]	Error [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
118.00	0.02	-0.70	0.70	0.15	Pass
119.00	0.04	-0.70	0.70	0.15	Pass
120.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass

-- End of measurement results--

Peak Rise Time

Peak rise time performed according to IEC 60651:2001 9.4.4 and ANSI S1.4:1983 (R2006) 8.4.4

Amplitude [dB]	Duration [µs]		Test Result [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
139.00	40	Negative Pulse	135.98	134.64	136.64	0.15	Pass
		Positive Pulse	135.99	134.65	136.65	0.15	Pass
	30	Negative Pulse	135.14	134.64	136.64	0.15	Pass
		Positive Pulse	135.15	134.65	136.65	0.15	Pass

-- End of measurement results--

Positive Pulse Crest Factor

200 µs pulse tests at 2.0, 12.0, 22.0, 32.0 dB below Overload Limit

Crest Factor measured according to IEC 60651:2001 9.4.2 and ANSI S1.4:1983 (R2006) 8.4.2

Amplitude [dB]	Crest Factor	Test Result [dB]	Limits [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
138.00	3	OVLD	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	OVLD	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	OVLD	± 1.50	0.15 ‡	Pass
128.00	3	-0.11	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.12	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	OVLD	± 1.50	0.15 ‡	Pass
118.00	3	-0.12	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.13	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	-0.09	± 1.50	0.15 ‡	Pass
108.00	3	-0.11	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.11	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	-0.24	± 1.50	0.15 ‡	Pass

-- End of measurement results--

Negative Pulse Crest Factor

200 µs pulse tests at 2.0, 12.0, 22.0, 32.0 dB below Overload Limit

Crest Factor measured according to IEC 60651:2001 9.4.2 and ANSI S1.4:1983 (R2006) 8.4.2

Amplitude [dB]	Crest Factor	Test Result [dB]	Limits [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
138.00	3	OVLD	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	OVLD	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	OVLD	± 1.50	0.15 ‡	Pass
128.00	3	-0.11	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.10	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	OVLD	± 1.50	0.15 ‡	Pass
118.00	3	-0.12	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.11	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	0.00	± 1.50	0.15 ‡	Pass
108.00	3	-0.12	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.11	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	-0.08	± 1.50	0.16 ‡	Pass

-- End of measurement results--

Gain

Gain measured according to IEC 61672-3:2013 17.3 and 17.4 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 17.3 and 17.4

Measurement	Test Result [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
0 dB Gain	93.96	93.89	94.09	0.15	Pass
0 dB Gain, Linearity	28.04	27.29	28.69	0.16	Pass
20 dB Gain	94.01	93.89	94.09	0.15	Pass
20 dB Gain, Linearity	23.08	22.29	23.69	0.16	Pass
OBA High Range	93.99	93.20	94.80	0.15	Pass
OBA Normal Range	93.99	93.89	94.09	0.15	Pass

-- End of measurement results--

Broadband Noise Floor

Self-generated noise measured according to IEC 61672-3:2013 11.2 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 11.2

Measurement	Test Result [dB]	Upper limit [dB]	Result
A-weight Noise Floor	6.54	9.00	Pass
C-weight Noise Floor	12.60	15.00	Pass
Z-weight Noise Floor	22.42	25.00	Pass

-- End of measurement results--

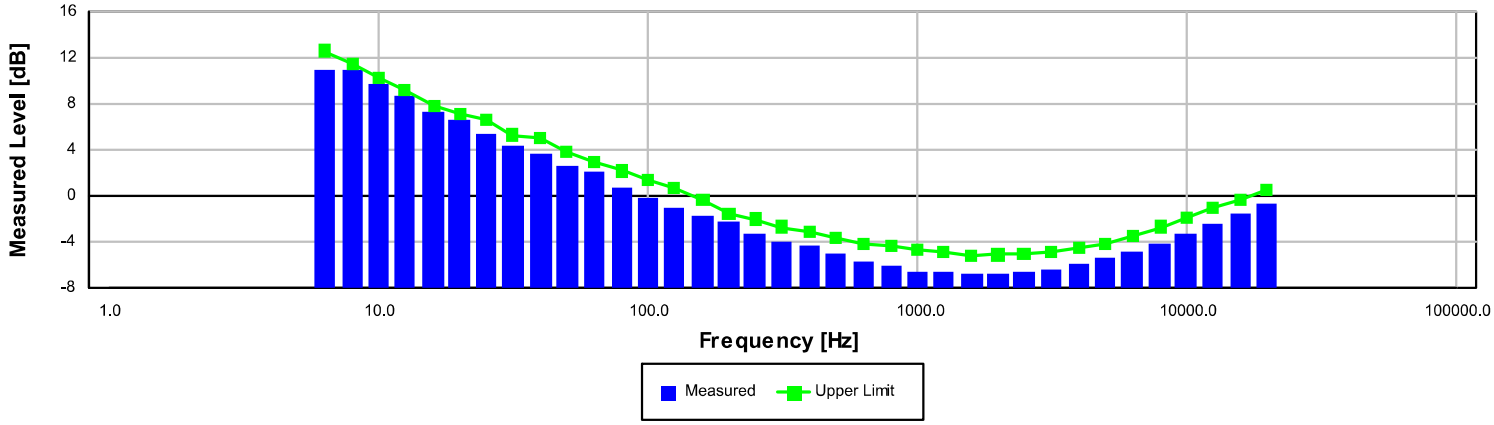
Total Harmonic Distortion

Measured using 1/3-Octave filters

Measurement	Test Result [dB]	Lower Limit [dB]	Upper Limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
10 Hz Signal	137.50	137.20	138.80	0.15	Pass
THD	-79.76		-60.00	1.30 ‡	Pass
THD+N	-78.35		-60.00	1.30 ‡	Pass

-- End of measurement results--

1/3-Octave Self-Generated Noise



The SLM is set to normal range and 20 dB gain.

Frequency [Hz]	Test Result [dB]	Upper limit [dB]	Result
6.30	11.05	12.60	Pass
8.00	10.95	11.50	Pass
10.00	9.75	10.20	Pass
12.50	8.72	9.20	Pass
16.00	7.38	7.90	Pass
20.00	6.62	7.20	Pass
25.00	5.42	6.60	Pass
31.50	4.31	5.30	Pass
40.00	3.64	5.00	Pass
50.00	2.70	3.80	Pass
63.00	2.03	3.00	Pass
80.00	0.74	2.20	Pass
100.00	-0.15	1.40	Pass
125.00	-0.95	0.70	Pass
160.00	-1.81	-0.40	Pass
200.00	-2.27	-1.50	Pass
250.00	-3.36	-2.00	Pass
315.00	-3.94	-2.70	Pass
400.00	-4.25	-3.10	Pass
500.00	-5.04	-3.70	Pass
630.00	-5.73	-4.10	Pass
800.00	-6.02	-4.30	Pass
1,000.00	-6.52	-4.70	Pass
1,250.00	-6.53	-4.80	Pass
1,600.00	-6.77	-5.20	Pass
2,000.00	-6.84	-5.10	Pass
2,500.00	-6.66	-5.00	Pass
3,150.00	-6.34	-4.80	Pass
4,000.00	-5.87	-4.50	Pass
5,000.00	-5.37	-4.10	Pass
6,300.00	-4.80	-3.40	Pass
8,000.00	-4.12	-2.70	Pass
10,000.00	-3.35	-1.90	Pass
12,500.00	-2.50	-1.10	Pass
16,000.00	-1.63	-0.30	Pass
20,000.00	-0.71	0.60	Pass

-- End of measurement results--

-- End of Report--

Signatory: Jacob Cannon

LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo, UT 84601, United States
716-684-0001

~ *Certificate of Calibration and Compliance* ~

Model : 377B02 **Manufacturer :** PCB

Serial : 347948 **Description :** 1/2" Free-Field Microphone

Calibration Environmental Conditions

Environmental test conditions as printed on microphone calibration chart.

Reference Equipment

Manufacturer	Model #	Serial #	Control #	Cal Date	Due Date
National Instruments	PCIe-6351	01896F08	CA1918	04/20/2023	04/20/2024
Larson Davis	PRM915	0143	CA2000	02/07/2023	02/07/2024
Larson Davis	PRM902	4701	CA1450	12/07/2022	12/07/2023
Larson Davis	PRM916	129	CA1084	06/23/2022	06/23/2023
Larson Davis	CAL250	5025	CA1277	05/10/2022	05/10/2023
Larson Davis	2201	146	CA1686	12/20/2022	12/20/2023
Larson Davis	GPRM902	5460	CA2151	05/20/2022	05/19/2023
Larson Davis	PRM915	147	CA2179	08/15/2022	08/15/2023
Larson Davis	PRA951-4	0241	CA1449	06/23/2022	06/23/2023
Bruel & Kjaer	4192	3259547	CA3214	01/23/2023	01/23/2024
Newport	iTHX-SD/N	1080002	CA1511	02/07/2023	02/07/2024
PCB	68510-02	N/A	CA2672	02/08/2023	02/08/2024

Frequency sweep performed with B&K UA0033 electrostatic actuator.

Condition of Unit

As Found : n/a

As Left : New Unit, In Tolerance

Notes

1. Calibration of reference equipment is traceable to one or more of the following National Labs; NIST, PTB or DFM.
2. This certificate shall not be reproduced, except in full, without written approval from PCB Piezotronics, Inc.
3. Calibration is performed in compliance with ISO 10012-1, ANSI/NCSL Z540.3 and ISO 17025.
4. Measurement results relate only to the items tested. Refer to Manufacturer's Specification Sheet for performance details.
5. Open Circuit Sensitivity is measured using the voltage insertion method following procedure AT603-5.
6. Measurement uncertainty (95% confidence level with coverage factor of 2) for sensitivity is +/-0.20 dB.
7. Unit calibrated per ACS-20.
8. Product is compliant with specification if measured value is within or equal to the specification tolerance. Product is not compliant with specification if measured value falls outside of the specification tolerance.

Technician: Leonard Lukasik Date: 05/04/2023

ilac-MRA ACCREDITED CALIBRATION CERT#: 1862.01

PCB PIEZOTRONICS
AN AMPHENOL COMPANY
3425 WALDEN AVENUE - DEPEW, NY 14043
TEL: +1 (888) 684-0013 - FAX: +1 (716) 685-3886 - www.pcb.com

ID: CAL112-3766045533.306+0

~ *Calibration Report* ~

Model : 377B02 **Manufacturer :** PCB

Serial : 347948 **Description :** 1/2" Free-Field Microphone

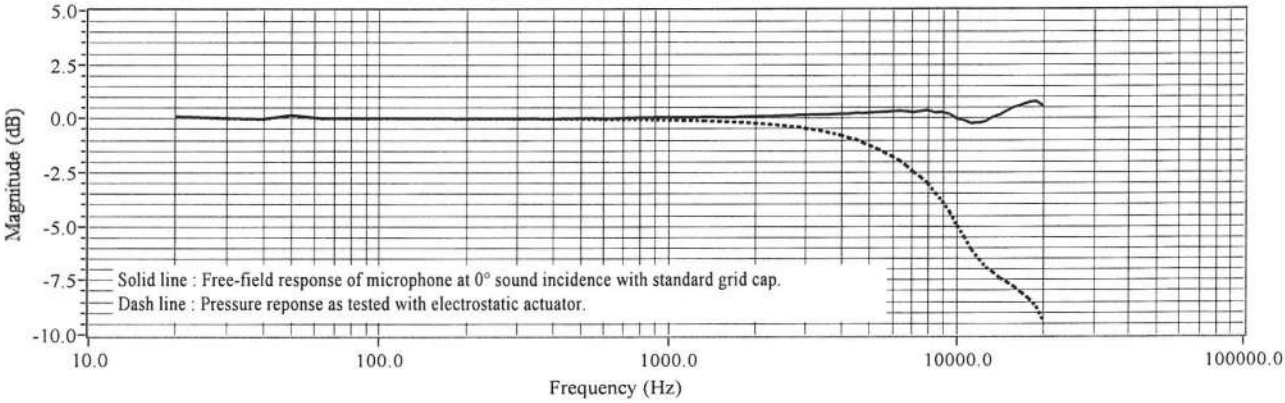
Calibration Data

Open Circuit Sensitivity at 251.2 Hz : 46.88 mV/Pa
-26.58 dB re 1 V/Pa

Polarization Voltage, External : 0 V
Capacitance : 13.20 pF

Temperature: 69 °F (21 °C) Ambient Pressure: 983 mbar Relative Humidity: 42 %

Frequency Response (0 dB at 251.2 Hz)



Frequency (Hz)	Pressure (dB)	Free-Field (dB)	Frequency (Hz)	Pressure (dB)	Free-Field (dB)	Frequency (Hz)	Pressure (dB)	Free-Field (dB)
20.00	0.10	0.10	1584.90	-0.15	0.06	6683.40	-2.21	0.31
25.10	0.06	0.06	1678.80	-0.17	0.06	7079.50	-2.50	0.28
31.60	0.01	0.01	1778.30	-0.17	0.08	7498.90	-2.74	0.33
39.80	-0.02	-0.02	1883.60	-0.19	0.09	7943.30	-3.02	0.37
50.10	0.17	0.17	1995.30	-0.22	0.09	8414.00	-3.46	0.27
63.10	0.01	0.01	2113.50	-0.24	0.10	8912.50	-3.83	0.28
79.40	0.02	0.02	2238.70	-0.27	0.10	9440.60	-4.33	0.19
100.00	0.02	0.02	2371.40	-0.29	0.12	10000.00	-4.98	-0.03
125.90	0.01	0.01	2511.90	-0.33	0.13	10592.50	-5.49	-0.09
158.50	0.01	0.01	2660.70	-0.37	0.14	11220.20	-6.09	-0.23
199.50	0.01	0.01	2818.40	-0.40	0.16	11885.00	-6.53	-0.21
251.20	0.00	0.00	2985.40	-0.46	0.16	12589.30	-6.90	-0.13
316.20	-0.01	0.00	3162.30	-0.50	0.18	13335.20	-7.14	0.05
398.10	-0.02	-0.02	3349.70	-0.56	0.18	14125.40	-7.41	0.18
501.20	-0.03	0.01	3548.10	-0.64	0.18	14962.40	-7.61	0.36
631.00	-0.04	0.00	3758.40	-0.71	0.19	15848.90	-7.82	0.53
794.30	-0.05	0.04	3981.10	-0.79	0.21	16788.00	-8.09	0.63
1000.00	-0.07	0.05	4217.00	-0.90	0.21	17782.80	-8.37	0.74
1059.30	-0.08	0.05	4466.80	-0.98	0.25	18836.50	-8.73	0.78
1122.00	-0.09	0.05	4731.50	-1.13	0.24	19952.60	-9.37	0.56
1188.50	-0.09	0.06	5011.90	-1.26	0.27			
1258.90	-0.10	0.06	5308.80	-1.42	0.28			
1333.50	-0.11	0.07	5623.40	-1.58	0.30			
1412.50	-0.12	0.07	5956.60	-1.76	0.31			
1496.20	-0.14	0.06	6309.60	-1.95	0.34			

Technician: Leonard Lukasik Date: 05/04/2023

ilac-MRA ACCREDITED CALIBRATION CERT#: 1862.01

PCB PIEZOTRONICS
AN AMPHENOL COMPANY
3425 WALDEN AVENUE - DEPEW, NY 14043
TEL: +1 (888) 684-0013 - FAX: +1 (716) 685-3886 - www.pcb.com

ID: CAL112-3766045533.306+0

Calibration Certificate

Certificate Number 2023006318
Customer:
Spectra
Via J.F. Kennedy,19
Vimercate,MB 20871,Italy

Model Number	PRM831	***Procedure Number***	D0001.8383		
Serial Number	077445	***Technician***	Mayra Quintana		
Test Results	**Pass**	***Calibration Date***	23 May 2023		
Initial Condition	As Manufactured	***Calibration Due***			
		Temperature	23.64	°C	± 0.01 °C
Description	Larson Davis 1/2" Preamplifier for Model 831 Type 1	***Humidity***	49.1	%RH	± 0.5 %RH
		Static Pressure	85.64	kPa	± 0.03 kPa

Evaluation Method Tested electrically using a 12.0 pF capacitor to simulate microphone capacitance. Data reported in dB re 20 µPa assuming a microphone sensitivity of 50.0 mV/Pa.

Compliance Standards Compliant to Manufacturer Specifications

Issuing lab certifies that the instrument described above meets or exceeds all specifications as stated in the referenced procedure (unless otherwise noted). It has been calibrated using measurement standards traceable to the SI through the National Institute of Standards and Technology (NIST), or other national measurement institutes, and meets the requirements of ISO/IEC 17025:2017.
Test points marked with a ‡ in the uncertainties column do not fall within this laboratory's scope of accreditation.

The quality system is registered to ISO 9001:2015.

This calibration is a direct comparison of the unit under test to the listed reference standards and did not involve any sampling plans to complete. No allowance has been made for the instability of the test device due to use, time, etc. Such allowances would be made by the customer as needed.

The uncertainties were computed in accordance with the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). A coverage factor of approximately 2 sigma (k=2) has been applied to the standard uncertainty to express the expanded uncertainty at approximately 95% confidence level. Tests are considered to pass when the measured value is within the acceptance limits, which are derived from industry standards.

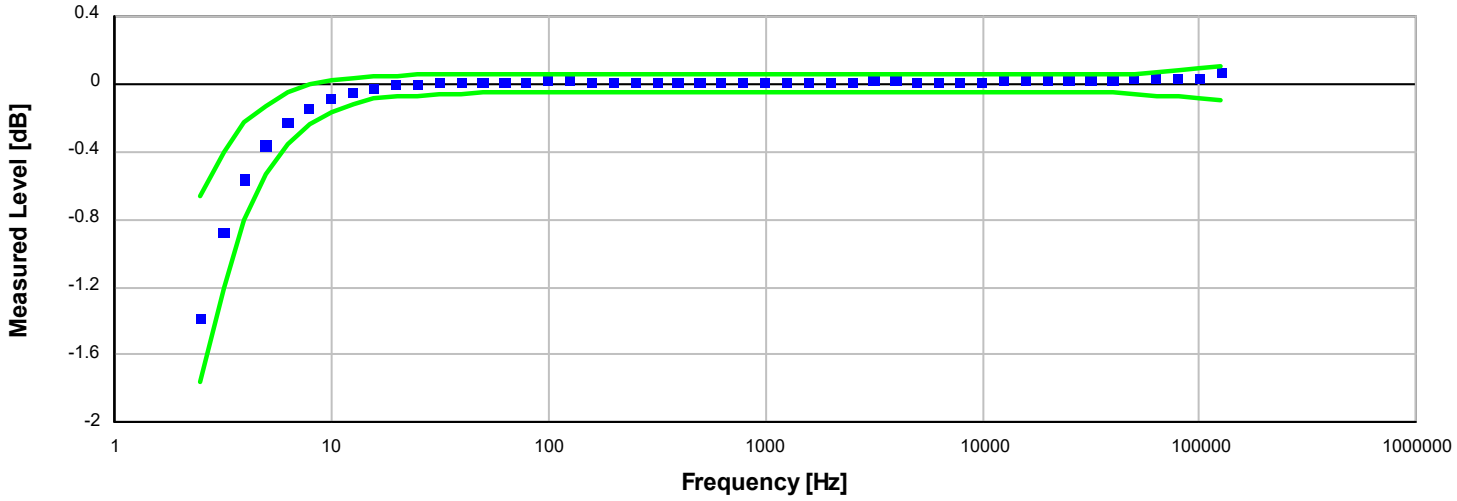
Simple acceptance criteria is used with an expanded uncertainty not to exceed 0.20 dB for all measurements below 100 kHz and 0.50 dB for measurements above 100 kHz.

This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the organization issuing this report.

Standards Used

Description	Cal Date	Cal Due	Cal Standard
Larson Davis Model 2900 Real Time Analyzer	02/13/2023	02/13/2024	001447
Hart Scientific 2626-S Humidity/Temperature Sensor	02/20/2023	08/20/2024	006946
Agilent 34401A DMM	08/16/2022	08/16/2023	007116
SRS DS360 Ultra Low Distortion Generator	03/31/2023	03/31/2024	007174

Frequency Response



Frequency response electrically tested at 120.0 dB re 1 µV

Frequency [Hz]	Test Result [dB re 1 kHz]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
2.50	-1.39	-1.76	-0.66	0.12	Pass
3.20	-0.88	-1.20	-0.40	0.12	Pass
4.00	-0.57	-0.81	-0.23	0.12	Pass
5.00	-0.37	-0.53	-0.13	0.10	Pass
6.30	-0.23	-0.36	-0.05	0.07	Pass
7.90	-0.15	-0.24	-0.01	0.07	Pass
10.00	-0.09	-0.17	0.03	0.07	Pass
12.60	-0.06	-0.13	0.04	0.04	Pass
15.80	-0.03	-0.09	0.04	0.04	Pass
20.00	-0.01	-0.08	0.05	0.04	Pass
25.10	-0.01	-0.07	0.05	0.04	Pass
31.60	0.00	-0.07	0.05	0.04	Pass
39.80	0.00	-0.06	0.05	0.04	Pass
50.10	0.00	-0.06	0.05	0.04	Pass
63.10	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
79.40	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
100.00	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
125.90	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
158.50	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
199.50	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
251.20	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
316.20	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
398.10	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
501.20	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
631.00	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
794.30	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
1,000.00	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
1,258.90	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
1,584.90	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
1,995.30	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
2,511.90	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
3,162.30	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass

Frequency [Hz]	Test Result [dB re 1 kHz]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
3,981.10	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
5,011.90	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
6,309.60	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
7,943.30	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
10,000.00	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
12,589.30	0.02	-0.05	0.05	0.04	Pass
15,848.90	0.02	-0.05	0.05	0.04	Pass
19,952.60	0.02	-0.05	0.05	0.04	Pass
25,118.90	0.02	-0.05	0.05	0.05	Pass
31,622.80	0.02	-0.05	0.05	0.05	Pass
39,810.70	0.02	-0.05	0.05	0.05	Pass
50,118.70	0.03	-0.06	0.06	0.09	Pass
63,095.70	0.03	-0.07	0.07	0.09	Pass
79,432.80	0.03	-0.08	0.08	0.09	Pass
100,000.00	0.03	-0.09	0.09	0.09	Pass
125,892.50	0.06	-0.10	0.10	0.45	Pass

Gain Measurement

Measurement	Test Result [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
Output Gain @ 1 kHz	-0.13	-0.45	-0.03	0.04	Pass

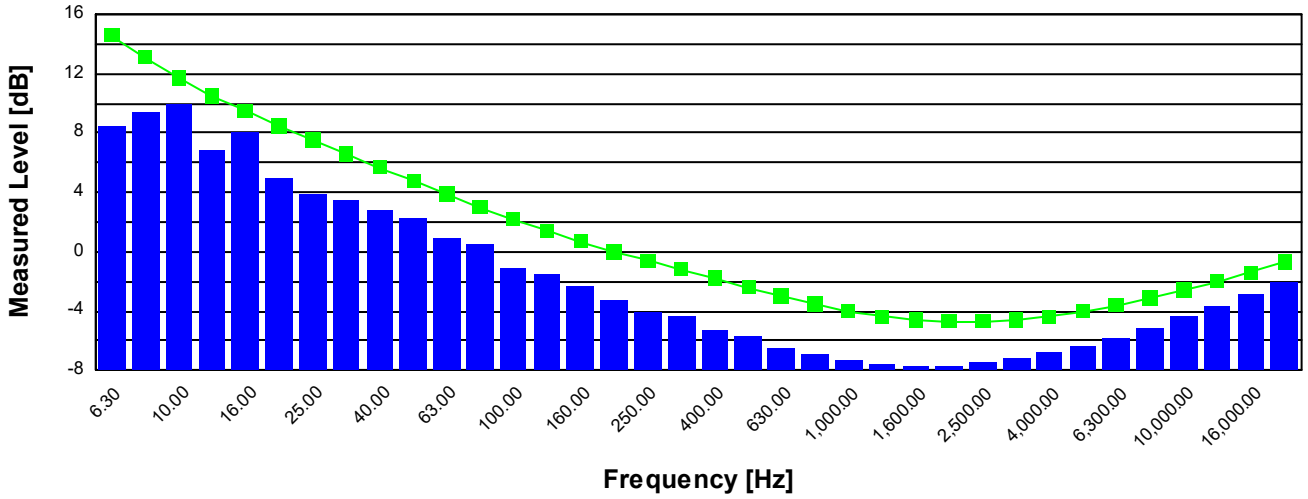
-- End of measurement results--

DC Bias Measurement

Measurement	Test Result [V]	Lower limit [V]	Upper limit [V]	Expanded Uncertainty [V]	Result
DC Voltage	18.94	15.50	19.50	0.04	Pass

-- End of measurement results--

1/3-Octave Self-Generated Noise



Frequency [Hz]	Test Result [dB re 1 µV]	Upper limit [dB re 1 µV]	Result
6.30	8.50	14.60	Pass
8.00	9.40	13.10	Pass
10.00	9.90	11.70	Pass
12.50	6.80	10.50	Pass
16.00	8.10	9.50	Pass
20.00	5.00	8.50	Pass
25.00	3.90	7.50	Pass
31.50	3.50	6.60	Pass
40.00	2.80	5.70	Pass
50.00	2.30	4.80	Pass
63.00	0.90	3.90	Pass
80.00	0.50	3.00	Pass
100.00	-1.10	2.20	Pass
125.00	-1.50	1.40	Pass
160.00	-2.30	0.70	Pass
200.00	-3.30	0.00	Pass
250.00	-4.10	-0.60	Pass
315.00	-4.30	-1.20	Pass
400.00	-5.30	-1.80	Pass
500.00	-5.70	-2.40	Pass
630.00	-6.50	-3.00	Pass
800.00	-6.90	-3.50	Pass
1,000.00	-7.30	-4.00	Pass
1,250.00	-7.60	-4.40	Pass
1,600.00	-7.70	-4.60	Pass
2,000.00	-7.70	-4.70	Pass
2,500.00	-7.40	-4.70	Pass
3,150.00	-7.20	-4.60	Pass
4,000.00	-6.80	-4.40	Pass
5,000.00	-6.30	-4.00	Pass
6,300.00	-5.80	-3.60	Pass
8,000.00	-5.20	-3.10	Pass
10,000.00	-4.40	-2.60	Pass
12,500.00	-3.60	-2.00	Pass
16,000.00	-2.80	-1.40	Pass
20,000.00	-2.10	-0.70	Pass

-- End of measurement results--

Self-generated Noise

Bandwidth	Test Result [µV]	Test Result [dB re 1 µV]	Upper limit [dB re 1 µV]	Result
Broadband (1 Hz - 20 kHz)	4.37	12.80	15.50	Pass
A-weighted (1 Hz - 20 kHz)	1.91	5.60	8.00	Pass

-- End of measurement results--

Signatory: Mayra Quintana

LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo,UT 84601,United States
716-684-0001

Calibration Certificate

Certificate Number 2024002483

Customer:

Spectra
Via J.F. Kennedy, 19
Vimercate, MB 20871, Italy

Model Number	831C	***Procedure Number***	D0001.8384	
Serial Number	12498	***Technician***	Jacob Cannon	
Test Results	**Pass**	***Calibration Date***	14 Feb 2024	
Initial Condition	As Manufactured	***Calibration Due***		
		Temperature	23.69 °C	± 0.25 °C
Description	Larson Davis Model 831C Class 1 Sound Level Meter Firmware Revision: 04.9.6R1	***Humidity***	52.3 %RH	± 2.0 %RH
		Static Pressure	86.01 kPa	± 0.13 kPa

Evaluation Method ***Tested with:*** ***Data reported in dB re 20 µPa.***

Larson Davis CAL200. S/N 9079
PCB 377B02. S/N 345921
Larson Davis CAL291. S/N 0108
Larson Davis PRM831. S/N 077934

Compliance Standards Compliant to Manufacturer Specifications and the following standards when combined with Calibration Certificate from procedure D0001.8378:

IEC 60651:2001 Type 1	ANSI S1.4-2014 Class 1
IEC 60804:2000 Type 1	ANSI S1.4 (R2006) Type 1
IEC 61260:2014 Class 1	ANSI S1.11-2014 Class 1
IEC 61672:2013 Class 1	ANSI S1.43 (R2007) Type 1

Issuing lab certifies that the instrument described above meets or exceeds all specifications as stated in the referenced procedure (unless otherwise noted). It has been calibrated using measurement standards traceable to the International System of Units (SI) through the National Institute of Standards and Technology (NIST), or other national measurement institutes, and meets the requirements of ISO/IEC 17025:2017.
Test points marked with a ‡ in the uncertainties column do not fall within this laboratory's scope of accreditation.

The quality system is registered to ISO 9001:2015.

This calibration is a direct comparison of the unit under test to the listed reference standards and did not involve any sampling plans to complete. No allowance has been made for the instability of the test device due to use, time, etc. Such allowances would be made by the customer as needed.

The uncertainties were computed in accordance with the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). A coverage factor of approximately 2 sigma (k=2) has been applied to the standard uncertainty to express the expanded uncertainty at approximately 95% confidence level.

This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the organization issuing this report.

Correction data from Larson Davis SoundAdvisor Model 831C Reference Manual, I831C.01 Rev M, 2019-09-10

For 1/4" microphones, the Larson Davis ADP024 1/4" to 1/2" adaptor is used with the calibrators and the Larson Davis ADP043 1/4" to 1/2" adaptor is used with the preamplifier.

LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo, UT 84601, United States
716-684-0001

ACCREDITED CERT #3622.01

LARSON DAVIS A PCB DIVISION

Calibration Check Frequency: 1000 Hz; Reference Sound Pressure Level: 114 dB re 20 µPa; Reference Range: 0 dB gain

Periodic tests were performed in accordance with procedures from IEC 61672-3:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part3.

Pattern approval for IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1 successfully completed by Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) on 2019-05-13 certificate number DE-17-M-PTB-0076.

The sound level meter submitted for testing successfully completed the periodic tests of IEC 61672-3:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 3, for the environmental conditions under which the tests were performed. As evidence was publicly available, from an independent testing organization responsible for approving the results of pattern-evaluation tests performed in accordance with IEC 61672-2:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 2, to demonstrate that the model of sound level meter fully conformed to the class 1 specifications in IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1; the sound level meter submitted for testing conforms to the class 1specifications in IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1.

Standards Used

Description	Cal Date	Cal Due	Cal Standard
Larson Davis CAL291 Residual Intensity Calibrator	2023-09-12	2024-09-12	001250
Hart Scientific 2626-S Humidity/Temperature Sensor	2023-02-20	2024-08-20	006946
Larson Davis CAL200 Acoustic Calibrator	2023-07-17	2024-07-17	007027
Larson Davis Model 831	2023-02-22	2024-02-22	007182
PCB 377A13 1/2 inch Prepolarized Pressure Microphone	2023-03-06	2024-03-06	007185
SRS DS360 Ultra Low Distortion Generator	2023-03-30	2024-03-30	007635
Larson Davis 1/2" Preamplifier for Model 831 Type 1	2023-09-28	2024-09-28	PCB0004783

Acoustic Calibration

Measured according to IEC 61672-3:2013 10 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 10

Measurement	Test Result [dB]	Lower Limit [dB]	Upper Limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
1000 Hz	114.01	113.80	114.20	0.14	Pass

Loaded Circuit Sensitivity

Measurement	Test Result [dB re 1 V / Pa]	Lower Limit [dB re 1 V / Pa]	Upper Limit [dB re 1 V / Pa]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
1000 Hz	-26.13	-27.84	-24.74	0.14	Pass

-- End of measurement results--

Acoustic Signal Tests, C-weighting

Measured according to IEC 61672-3:2013 12 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 12 using a comparison coupler with Unit Under Test (UUT) and reference SLM using slow time-weighted sound level for compliance to IEC 61672-1:2013 5.5; ANSI S1.4-2014 Part 1: 5.5

Frequency [Hz]	Test Result [dB]	Expected [dB]	Lower Limit [dB]	Upper Limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
125	-0.05	-0.20	-1.20	0.80	0.23	Pass
1000	0.11	0.00	-0.70	0.70	0.23	Pass
8000	-2.77	-3.00	-5.50	-1.50	0.32	Pass

-- End of measurement results--

Self-generated Noise

Measured according to IEC 61672-3:2013 11.1 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 11.1

Measurement	Test Result [dB]
A-weighted, 20 dB gain	40.27

-- End of measurement results--

-- End of Report--

Signatory: Jacob Cannon

Calibration Certificate

Certificate Number 2024000406

Customer:
Spectra
Via J.F. Kennedy,19
Vimercate,MB 20871,Italy

Model Number	377B02	***Procedure Number***	D0001.8387	
Serial Number	345921	***Technician***	Abraham Ortega	
Test Results	**Pass**	***Calibration Date***	8 Jan 2024	
Initial Condition	As Manufactured	***Calibration Due***		
		Temperature	24.9 °C	± 0.01 °C
Description	1/2 inch Microphone - FF - 0V	***Humidity***	35.3 %RH	± 0.5 %RH
		Static Pressure	101.63 kPa	± 0.03 kPa

Evaluation Method Tested electrically using an electrostatic actuator.

Compliance Standards Compliant to Manufacturer Specifications.

Issuing lab certifies that the instrument described above meets or exceeds all specifications as stated in the referenced procedure (unless otherwise noted). It has been calibrated using measurement standards traceable to the SI through the National Institute of Standards and Technology (NIST), or other national measurement institutes, and meets the requirements of ISO/IEC 17025:2017.
Test points marked with a ‡ do not fall within this laboratory's scope of accreditation.

The quality system is registered to ISO 9001:2015.

This calibration is a direct comparison of the unit under test to the listed reference standards and did not involve any sampling plans to complete. No allowance has been made for the instability of the test device due to use, time, etc. Such allowances would be made by the customer as needed.

The uncertainties were computed in accordance with the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). A coverage factor of approximately 2 sigma (k=2) has been applied to the standard uncertainty to express the expanded uncertainty at approximately 95% confidence level.

For microphone sensitivity measurements, simple acceptance criteria is used with an expanded uncertainty not to exceed 0.25 dB for microphone sensitivities above 1 mV/Pa and 0.65 dB for microphone sensitivities below 1 mV/Pa.

This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the organization issuing this report.

LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo,UT 84601,United States
716-684-0001

ACCREDITED
CERT #3622.01

LARSON DAVIS
A PCB DIVISION

Standards Used

Description	Cal Date	Cal Due	Cal Standard
Agilent 34401A DMM	12/11/2023	12/11/2024	001329
Larson Davis 1/2" Preamplifier 7-pin LEMO	07/10/2023	07/10/2024	006507
1/2 inch Microphone - RI - 200V	04/11/2023	04/11/2024	006511
1/2 inch Microphone - RI - 200V	07/10/2023	07/10/2024	006519
Larson Davis 1/2" Preamplifier 7-pin LEMO	07/10/2023	07/10/2024	006530
Larson Davis CAL250 Acoustic Calibrator	03/06/2023	03/06/2024	PCB0013615
Larson Davis 1/2" Preamplifier 7-pin LEMO	07/10/2023	07/10/2024	PCB0070355
Microphone Calibration System	08/17/2023	08/17/2024	PCB0089382
Larson Davis Model 2900 Real Time Analyzer	10/31/2023	10/31/2024	PCB0089383
1/2" Preamplifier	09/25/2023	09/25/2024	PCB0089384
1/2" Preamplifier	07/10/2023	07/10/2024	PCB0089385

Sensitivity

Measurement	Test Result [mV/Pa]	Lower limit [mV/Pa]	Upper limit [mV/Pa]	Expanded Uncertainty [mV/Pa]	Result
Open Circuit Sensitivity	52.70	42.17	59.56	1.20	Pass

-- End of measurement results--

Capacitance

Measurement	Test Result [pF]				
Capacitance	12.00			‡	

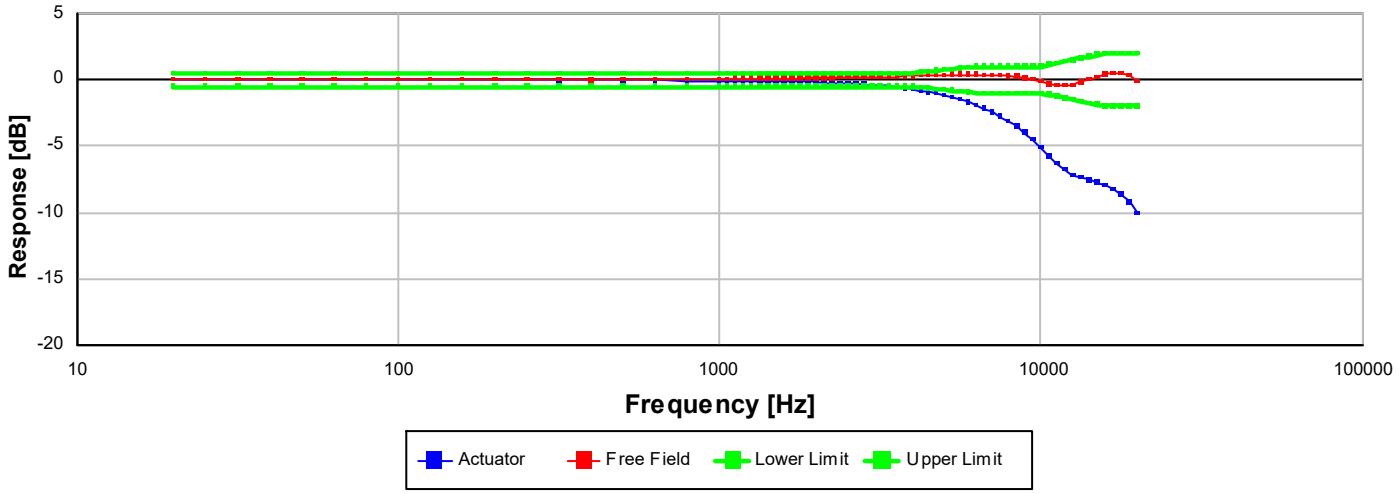
-- End of measurement results--

Lower Limiting Frequency

Measurement	Test Result [Hz]	Lower limit [Hz]	Upper limit [Hz]		Result
-3 dB Frequency	1.87	1.00	2.40		Pass ‡

-- End of measurement results--

Frequency Response



Data is normalized for 0 dB @ 251.19 Hz.

Frequency [Hz]	Actuator [dB]	Free Field [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Result
19.95	0.01	0.01	-0.50	0.50	Pass ‡
25.12	0.04	0.04	-0.50	0.50	Pass ‡
31.62	0.04	0.04	-0.50	0.50	Pass ‡
39.81	0.04	0.04	-0.50	0.50	Pass ‡
50.12	0.04	0.04	-0.50	0.50	Pass ‡
63.10	0.04	0.04	-0.50	0.50	Pass ‡
79.43	0.04	0.04	-0.50	0.50	Pass ‡
100.00	0.03	0.03	-0.50	0.50	Pass ‡
125.89	0.02	0.02	-0.50	0.50	Pass ‡
158.49	0.01	0.01	-0.50	0.50	Pass ‡
199.53	0.01	0.01	-0.50	0.50	Pass ‡
251.19	0.00	0.00	-0.50	0.50	Pass ‡
316.23	-0.01	0.00	-0.50	0.50	Pass ‡
398.11	-0.01	-0.01	-0.50	0.50	Pass ‡
501.19	-0.02	0.02	-0.50	0.50	Pass ‡
630.96	-0.03	0.01	-0.50	0.50	Pass ‡
794.33	-0.05	0.04	-0.50	0.50	Pass ‡
1,000.00	-0.06	0.06	-0.50	0.50	Pass ‡
1,059.25	-0.07	0.06	-0.50	0.50	Pass ‡
1,122.02	-0.07	0.07	-0.50	0.50	Pass ‡
1,188.50	-0.08	0.07	-0.50	0.50	Pass ‡
1,258.93	-0.09	0.07	-0.50	0.50	Pass ‡
1,333.52	-0.10	0.08	-0.50	0.50	Pass ‡
1,412.54	-0.11	0.08	-0.50	0.50	Pass ‡
1,496.24	-0.12	0.08	-0.50	0.50	Pass ‡
1,584.89	-0.13	0.08	-0.50	0.50	Pass ‡
1,678.80	-0.14	0.09	-0.50	0.50	Pass ‡
1,778.28	-0.16	0.09	-0.50	0.50	Pass ‡
1,883.65	-0.17	0.11	-0.50	0.50	Pass ‡
1,995.26	-0.19	0.12	-0.50	0.50	Pass ‡
2,113.49	-0.21	0.13	-0.50	0.50	Pass ‡
2,238.72	-0.23	0.14	-0.50	0.50	Pass ‡
2,371.37	-0.25	0.16	-0.50	0.50	Pass ‡
2,511.89	-0.28	0.18	-0.50	0.50	Pass ‡
2,660.73	-0.31	0.20	-0.50	0.50	Pass ‡
2,818.38	-0.35	0.21	-0.50	0.50	Pass ‡
2,985.38	-0.39	0.23	-0.50	0.50	Pass ‡
3,162.28	-0.44	0.24	-0.50	0.50	Pass ‡
3,349.65	-0.49	0.25	-0.50	0.50	Pass ‡
3,548.13	-0.58	0.24	-0.50	0.50	Pass ‡
3,758.37	-0.64	0.26	-0.50	0.50	Pass ‡
3,981.07	-0.72	0.28	-0.50	0.50	Pass ‡
4,216.97	-0.81	0.30	-0.56	0.56	Pass ‡
4,466.84	-0.92	0.31	-0.63	0.63	Pass ‡
4,731.51	-1.03	0.34	-0.69	0.69	Pass ‡
5,011.87	-1.17	0.36	-0.75	0.75	Pass ‡
5,308.84	-1.33	0.37	-0.81	0.81	Pass ‡
5,623.41	-1.51	0.37	-0.88	0.88	Pass ‡
5,956.62	-1.70	0.37	-0.94	0.94	Pass ‡
6,309.57	-1.92	0.37	-1.00	1.00	Pass ‡
6,683.44	-2.17	0.35	-1.00	1.00	Pass ‡
7,079.46	-2.44	0.34	-1.00	1.00	Pass ‡
7,498.94	-2.77	0.30	-1.00	1.00	Pass ‡

Frequency [Hz]	Actuator [dB]	Free Field [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Result
7,943.28	-3.12	0.27	-1.00	1.00	Pass ‡
8,413.95	-3.51	0.22	-1.00	1.00	Pass ‡
8,912.51	-3.99	0.12	-1.00	1.00	Pass ‡
9,440.61	-4.51	0.01	-1.00	1.00	Pass ‡
10,000.00	-5.06	-0.11	-1.00	1.00	Pass ‡
10,592.54	-5.74	-0.34	-1.13	1.13	Pass ‡
11,220.19	-6.28	-0.42	-1.25	1.25	Pass ‡
11,885.02	-6.75	-0.43	-1.38	1.38	Pass ‡
12,589.25	-7.19	-0.42	-1.50	1.50	Pass ‡
13,335.21	-7.38	-0.19	-1.63	1.63	Pass ‡
14,125.38	-7.54	0.05	-1.75	1.75	Pass ‡
14,962.36	-7.76	0.21	-1.88	1.88	Pass ‡
15,848.93	-7.92	0.43	-2.00	2.00	Pass ‡
16,788.04	-8.23	0.49	-2.00	2.00	Pass ‡
17,782.80	-8.64	0.47	-2.00	2.00	Pass ‡
18,836.49	-9.21	0.30	-2.00	2.00	Pass ‡
19,952.62	-10.08	-0.15	-2.00	2.00	Pass ‡

-- End of measurement results--

Signatory: *Abraham Ortega*

LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo,UT 84601,United States
716-684-0001

Calibration Certificate

Certificate Number 2024001983
Customer:
Spectra
Via J.F. Kennedy,19
Vimercate,MB 20871,Italy

Model Number	PRM831	***Procedure Number***	D0001.8383		
Serial Number	077934	***Technician***	Ashley Anderson		
Test Results	**Pass**	***Calibration Date***	5 Feb 2024		
Initial Condition	As Manufactured	***Calibration Due***			
		Temperature	23.6	°C	± 0.01 °C
Description	Larson Davis 1/2" Preamplifier for Model 831 Type 1	***Humidity***	52.7	%RH	± 0.5 %RH
		Static Pressure	85.87	kPa	± 0.03 kPa

Evaluation Method Tested electrically using a 12.0 pF capacitor to simulate microphone capacitance. Data reported in dB re 20 µPa assuming a microphone sensitivity of 50.0 mV/Pa.

Compliance Standards Compliant to Manufacturer Specifications

Issuing lab certifies that the instrument described above meets or exceeds all specifications as stated in the referenced procedure (unless otherwise noted). It has been calibrated using measurement standards traceable to the SI through the National Institute of Standards and Technology (NIST), or other national measurement institutes, and meets the requirements of ISO/IEC 17025:2017.
Test points marked with a ‡ in the uncertainties column do not fall within this laboratory's scope of accreditation.

The quality system is registered to ISO 9001:2015.

This calibration is a direct comparison of the unit under test to the listed reference standards and did not involve any sampling plans to complete. No allowance has been made for the instability of the test device due to use, time, etc. Such allowances would be made by the customer as needed.

The uncertainties were computed in accordance with the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). A coverage factor of approximately 2 sigma (k=2) has been applied to the standard uncertainty to express the expanded uncertainty at approximately 95% confidence level. Tests are considered to pass when the measured value is within the acceptance limits, which are derived from industry standards.

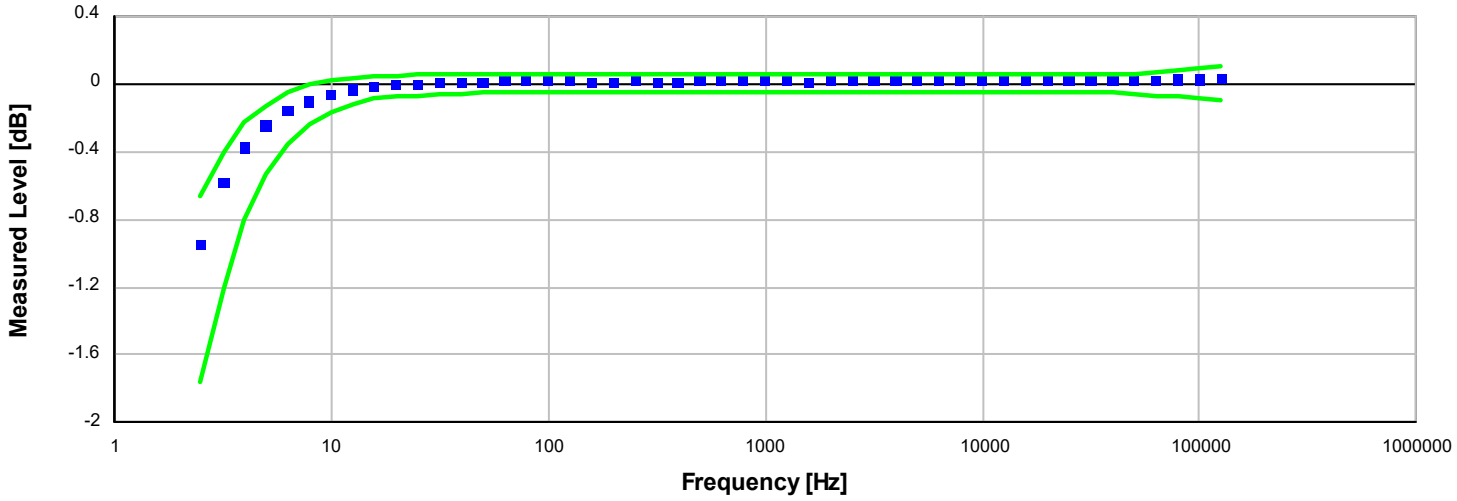
Simple acceptance criteria is used with an expanded uncertainty not to exceed 0.20 dB for all measurements below 100 kHz and 0.50 dB for measurements above 100 kHz.

This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the organization issuing this report.

Standards Used

Description	Cal Date	Cal Due	Cal Standard
Larson Davis Model 2900 Real Time Analyzer	01/18/2024	01/18/2025	001188
Hart Scientific 2626-S Humidity/Temperature Sensor	02/20/2023	08/20/2024	006946
Agilent 34401A DMM	05/02/2023	05/02/2024	007115
SRS DS360 Ultra Low Distortion Generator	05/02/2023	05/02/2024	007117

Frequency Response



Frequency response electrically tested at 120.0 dB re 1 µV

Frequency [Hz]	Test Result [dB re 1 kHz]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
2.50	-0.95	-1.76	-0.66	0.12	Pass
3.20	-0.59	-1.20	-0.40	0.12	Pass
4.00	-0.38	-0.81	-0.23	0.12	Pass
5.00	-0.25	-0.53	-0.13	0.10	Pass
6.30	-0.16	-0.36	-0.05	0.07	Pass
7.90	-0.11	-0.24	-0.01	0.07	Pass
10.00	-0.07	-0.17	0.03	0.07	Pass
12.60	-0.04	-0.13	0.04	0.04	Pass
15.80	-0.02	-0.09	0.04	0.04	Pass
20.00	-0.01	-0.08	0.05	0.04	Pass
25.10	-0.01	-0.07	0.05	0.04	Pass
31.60	0.00	-0.07	0.05	0.04	Pass
39.80	0.00	-0.06	0.05	0.04	Pass
50.10	0.00	-0.06	0.05	0.04	Pass
63.10	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
79.40	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
100.00	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
125.90	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
158.50	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
199.50	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
251.20	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
316.20	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
398.10	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
501.20	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
631.00	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
794.30	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
1,000.00	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
1,258.90	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
1,584.90	0.00	-0.05	0.05	0.04	Pass
1,995.30	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
2,511.90	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
3,162.30	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass

Frequency [Hz]	Test Result [dB re 1 kHz]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
3,981.10	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
5,011.90	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
6,309.60	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
7,943.30	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
10,000.00	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
12,589.30	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
15,848.90	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
19,952.60	0.01	-0.05	0.05	0.04	Pass
25,118.90	0.01	-0.05	0.05	0.05	Pass
31,622.80	0.01	-0.05	0.05	0.05	Pass
39,810.70	0.01	-0.05	0.05	0.05	Pass
50,118.70	0.01	-0.06	0.06	0.09	Pass
63,095.70	0.01	-0.07	0.07	0.09	Pass
79,432.80	0.02	-0.08	0.08	0.09	Pass
100,000.00	0.02	-0.09	0.09	0.09	Pass
125,892.50	0.03	-0.10	0.10	0.45	Pass

Gain Measurement

Measurement	Test Result [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
Output Gain @ 1 kHz	-0.11	-0.45	-0.03	0.04	Pass

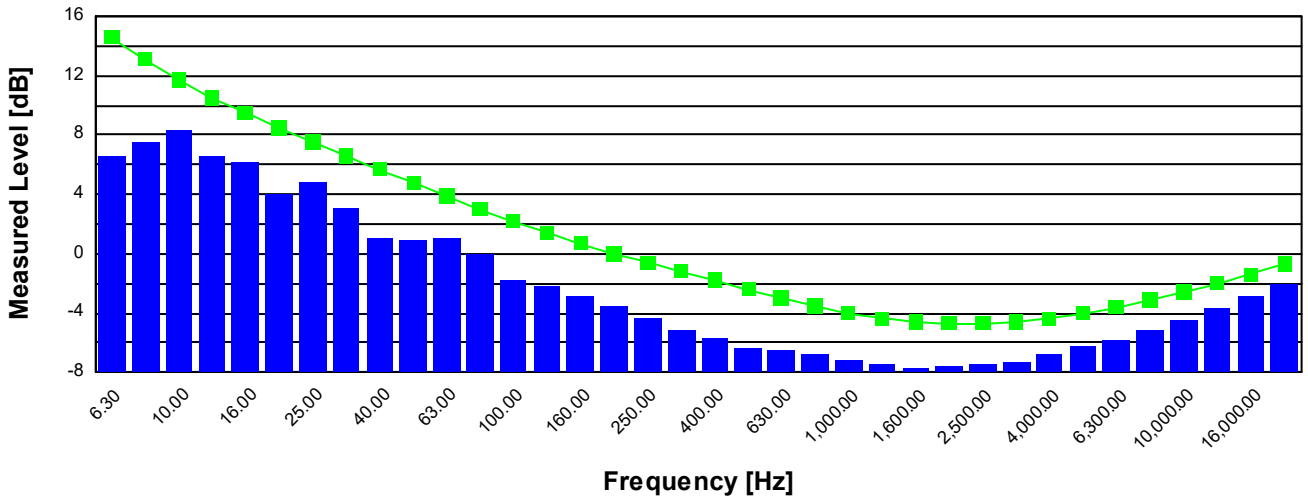
-- End of measurement results--

DC Bias Measurement

Measurement	Test Result [V]	Lower limit [V]	Upper limit [V]	Expanded Uncertainty [V]	Result
DC Voltage	17.68	15.50	19.50	0.04	Pass

-- End of measurement results--

1/3-Octave Self-Generated Noise



Frequency [Hz]	Test Result [dB re 1 µV]	Upper limit [dB re 1 µV]	Result
6.30	6.60	14.60	Pass
8.00	7.50	13.10	Pass
10.00	8.30	11.70	Pass
12.50	6.60	10.50	Pass
16.00	6.20	9.50	Pass
20.00	4.00	8.50	Pass
25.00	4.80	7.50	Pass
31.50	3.10	6.60	Pass
40.00	1.00	5.70	Pass
50.00	0.90	4.80	Pass
63.00	1.00	3.90	Pass
80.00	0.00	3.00	Pass
100.00	-1.80	2.20	Pass
125.00	-2.20	1.40	Pass
160.00	-2.80	0.70	Pass
200.00	-3.50	0.00	Pass
250.00	-4.40	-0.60	Pass
315.00	-5.20	-1.20	Pass
400.00	-5.70	-1.80	Pass
500.00	-6.30	-2.40	Pass
630.00	-6.50	-3.00	Pass
800.00	-6.80	-3.50	Pass
1,000.00	-7.10	-4.00	Pass
1,250.00	-7.50	-4.40	Pass
1,600.00	-7.70	-4.60	Pass
2,000.00	-7.60	-4.70	Pass
2,500.00	-7.40	-4.70	Pass
3,150.00	-7.30	-4.60	Pass
4,000.00	-6.80	-4.40	Pass
5,000.00	-6.20	-4.00	Pass
6,300.00	-5.80	-3.60	Pass
8,000.00	-5.20	-3.10	Pass
10,000.00	-4.50	-2.60	Pass
12,500.00	-3.70	-2.00	Pass
16,000.00	-2.80	-1.40	Pass
20,000.00	-2.10	-0.70	Pass

-- End of measurement results--

Self-generated Noise

Bandwidth	Test Result [µV]	Test Result [dB re 1 µV]	Upper limit [dB re 1 µV]	Result
Broadband (1 Hz - 20 kHz)	4.22	12.50	15.50	Pass
A-weighted (1 Hz - 20 kHz)	1.91	5.60	8.00	Pass

-- End of measurement results--

Signatory: Ashley Anderson

LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo,UT 84601,United States
716-684-0001

Calibration Certificate

Certificate Number 2024002466

Customer:

Spectra
Via J.F. Kennedy, 19
Vimercate, MB 20871, Italy

Model Number	831C	***Procedure Number***	D0001.8378	
Serial Number	12498	***Technician***	Jacob Cannon	
Test Results	**Pass**	***Calibration Date***	14 Feb 2024	
Initial Condition	As Manufactured	***Calibration Due***		
		Temperature	23.52 °C	± 0.25 °C
Description	Larson Davis Model 831C Class 1 Sound Level Meter Firmware Revision: 04.9.6R1	***Humidity***	52.1 %RH	± 2.0 %RH
		Static Pressure	86 kPa	± 0.13 kPa

Evaluation Method Tested electrically using Larson Davis PRM831 S/N 077934 and a 12.0 pF capacitor to simulate microphone capacitance. Data reported in dB re 20 µPa assuming a microphone sensitivity of 50.0 mV/Pa.

Compliance Standards Compliant to Manufacturer Specifications and the following standards when combined with Calibration Certificate from procedure D0001.8384:

IEC 60651:2001 Type 1	ANSI S1.4-2014 Class 1
IEC 60804:2000 Type 1	ANSI S1.4 (R2006) Type 1
IEC 61672:2013 Class 1	ANSI S1.43 (R2007) Type 1
IEC 61260:2014 Class 1	ANSI S1.11-2014 Class 1

Issuing lab certifies that the instrument described above meets or exceeds all specifications as stated in the referenced procedure (unless otherwise noted). It has been calibrated using measurement standards traceable to the International System of Units (SI) through the National Institute of Standards and Technology (NIST), or other national measurement institutes, and meets the requirements of ISO/IEC 17025:2017. **Test points marked with a ‡ in the uncertainties column do not fall within this laboratory's scope of accreditation.**

The quality system is registered to ISO 9001:2015.

This calibration is a direct comparison of the unit under test to the listed reference standards and did not involve any sampling plans to complete. No allowance has been made for the instability of the test device due to use, time, etc. Such allowances would be made by the customer as needed.

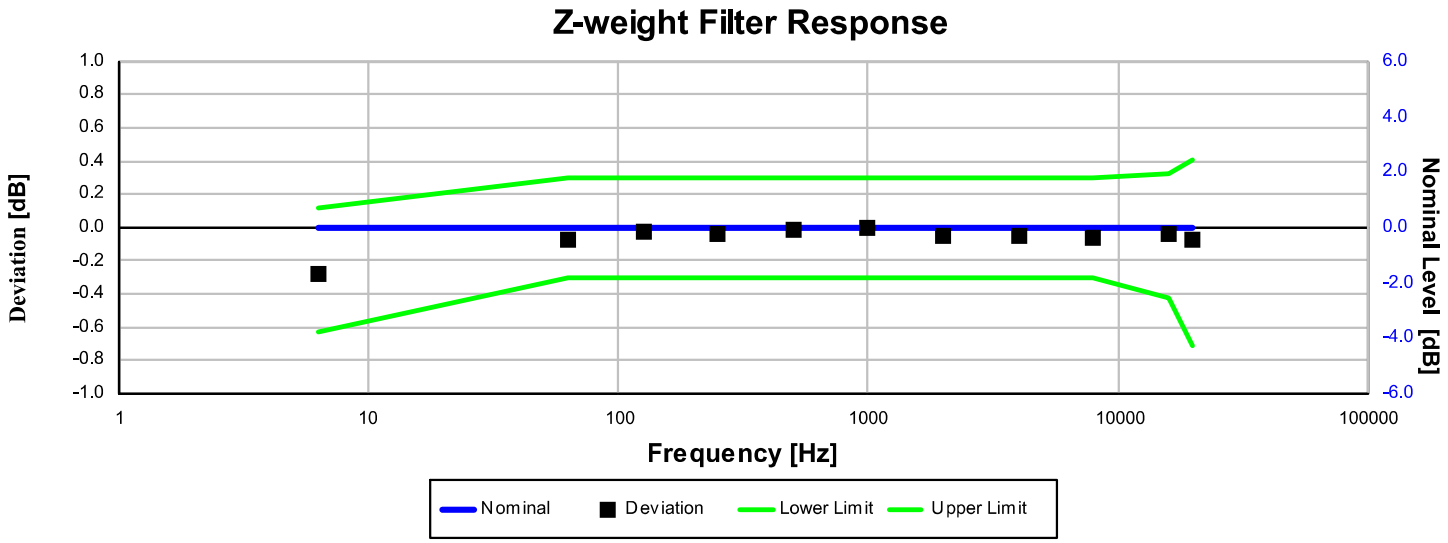
The uncertainties were computed in accordance with the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). A coverage factor of approximately 2 sigma (k=2) has been applied to the standard uncertainty to express the expanded uncertainty at approximately 95% confidence level.

This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the organization issuing this report.

Correction data from Larson Davis SoundAdvisor Model 831C Reference Manual, I831C.01 Rev M, 2019-09-10

Calibration Check Frequency: 1000 Hz; Reference Sound Pressure Level: 114 dB re 20 µPa; Reference Range: 0 dB gain

Standards Used			
Description	**Cal Date**	**Cal Due**	**Cal Standard**
Hart Scientific 2626-S Humidity/Temperature Sensor	2023-02-20	2024-08-20	006946
SRS DS360 Ultra Low Distortion Generator	2023-12-29	2024-12-29	007118

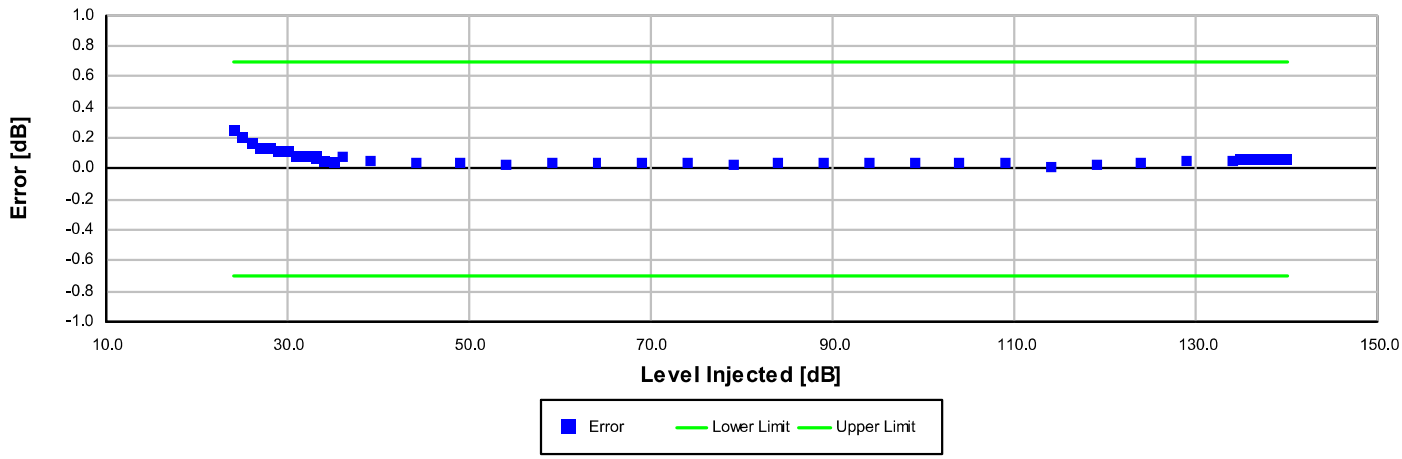


Electrical signal test of frequency weighting performed according to IEC 61672-3:2013 13 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 13 for compliance to IEC 61672-1:2013 5.5; IEC 60651:2001 6.1 and 9.2.2; IEC 60804:2000 5; ANSI S1.4:1983 (R2006) 5.1 and 8.2.1; ANSI S1.4-2014 Part 1: 5.5

Frequency [Hz]	Test Result [dB]	Deviation [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
6.31	-0.28	-0.27	-0.63	0.12	0.15	Pass
63.10	-0.07	-0.07	-0.30	0.30	0.15	Pass
125.89	-0.03	-0.03	-0.30	0.30	0.15	Pass
251.19	-0.04	-0.04	-0.30	0.30	0.15	Pass
501.19	-0.02	-0.02	-0.30	0.30	0.15	Pass
1,000.00	0.00	0.00	-0.30	0.30	0.15	Pass
1,995.26	-0.05	-0.05	-0.30	0.30	0.15	Pass
3,981.07	-0.05	-0.05	-0.30	0.30	0.15	Pass
7,943.28	-0.06	-0.06	-0.30	0.30	0.15	Pass
15,848.93	-0.04	-0.04	-0.42	0.32	0.15	Pass
19,952.62	-0.07	-0.07	-0.71	0.41	0.15	Pass

-- End of measurement results--

A-weighted 0 dB Gain Broadband Log Linearity: 8,000.00 Hz



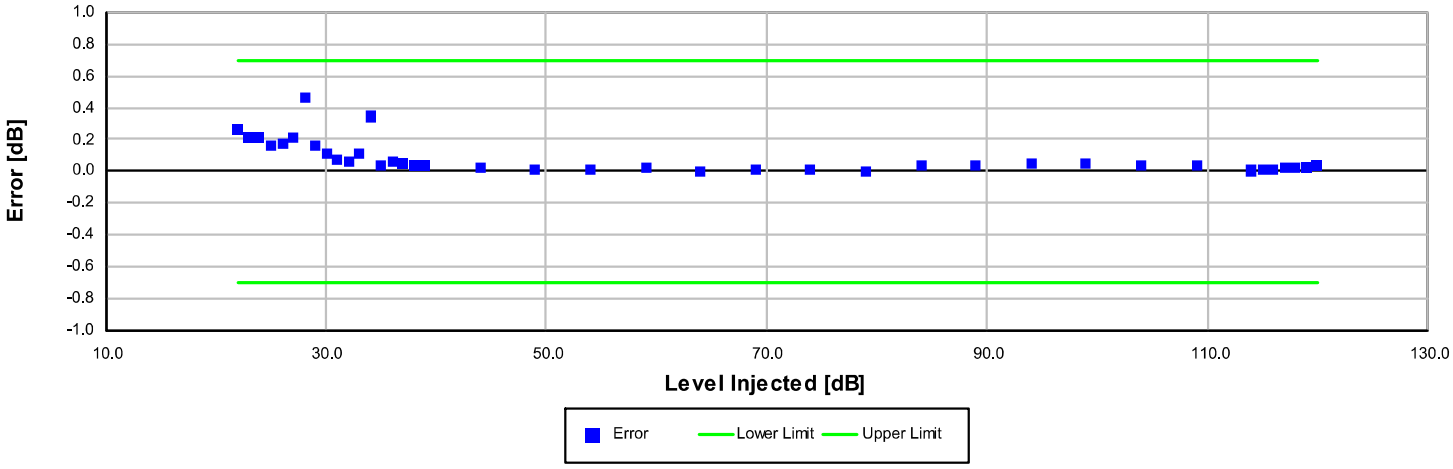
Broadband level linearity performed according to IEC 61672-3:2013 16 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 16 for compliance to IEC 61672-1:2013 5.6, IEC 60804:2000 6.2, IEC 61252:2002 8, ANSI S1.4 (R2006) 6.9, ANSI S1.4-2014 Part 1: 5.6, ANSI S1.43 (R2007) 6.2

Level [dB]	Error [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
24.00	0.25	-0.70	0.70	0.16	Pass
25.00	0.21	-0.70	0.70	0.16	Pass
26.00	0.17	-0.70	0.70	0.16	Pass
27.00	0.13	-0.70	0.70	0.16	Pass
28.00	0.13	-0.70	0.70	0.16	Pass
29.00	0.12	-0.70	0.70	0.18	Pass
30.00	0.12	-0.70	0.70	0.17	Pass
31.00	0.08	-0.70	0.70	0.17	Pass
32.00	0.08	-0.70	0.70	0.17	Pass
33.00	0.07	-0.70	0.70	0.16	Pass
34.00	0.05	-0.70	0.70	0.16	Pass
35.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
36.00	0.07	-0.70	0.70	0.16	Pass
39.00	0.05	-0.70	0.70	0.16	Pass
44.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
49.00	0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
54.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
59.00	0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
64.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
69.00	0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
74.00	0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
79.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
84.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
89.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
94.00	0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
99.00	0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
104.00	0.04	-0.70	0.70	0.15	Pass
109.00	0.04	-0.70	0.70	0.15	Pass
114.00	0.01	-0.70	0.70	0.15	Pass
119.00	0.02	-0.70	0.70	0.15	Pass
124.00	0.04	-0.70	0.70	0.15	Pass
129.00	0.05	-0.70	0.70	0.15	Pass
134.00	0.06	-0.70	0.70	0.15	Pass
135.00	0.06	-0.70	0.70	0.15	Pass
136.00	0.06	-0.70	0.70	0.15	Pass
137.00	0.06	-0.70	0.70	0.15	Pass

Level [dB]	Error [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
138.00	0.07	-0.70	0.70	0.15	Pass
139.00	0.07	-0.70	0.70	0.15	Pass
140.00	0.06	-0.70	0.70	0.15	Pass

-- End of measurement results--

A-weighted 20 dB Gain Broadband Log Linearity: 8,000.00 Hz



Broadband level linearity performed according to IEC 61672-3:2013 16 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 16 for compliance to IEC 61672-1:2013 5.6, IEC 60804:2000 6.2, IEC 61252:2002 8, ANSI S1.4 (R2006) 6.9, ANSI S1.4-2014 Part 1: 5.6, ANSI S1.43 (R2007) 6.2

Level [dB]	Error [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
22.00	0.27	-0.70	0.70	0.16	Pass
23.00	0.21	-0.70	0.70	0.16	Pass
24.00	0.21	-0.70	0.70	0.16	Pass
25.00	0.16	-0.70	0.70	0.16	Pass
26.00	0.17	-0.70	0.70	0.19	Pass
27.00	0.21	-0.70	0.70	0.18	Pass
28.00	0.46	-0.70	0.70	0.19	Pass
29.00	0.17	-0.70	0.70	0.18	Pass
30.00	0.11	-0.70	0.70	0.17	Pass
31.00	0.08	-0.70	0.70	0.17	Pass
32.00	0.06	-0.70	0.70	0.17	Pass
33.00	0.11	-0.70	0.70	0.16	Pass
34.00	0.34	-0.70	0.70	0.16	Pass
35.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
36.00	0.06	-0.70	0.70	0.16	Pass
37.00	0.05	-0.70	0.70	0.16	Pass
38.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
39.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
44.00	0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
49.00	0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
54.00	0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
59.00	0.02	-0.70	0.70	0.16	Pass
64.00	0.00	-0.70	0.70	0.16	Pass
69.00	0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
74.00	0.01	-0.70	0.70	0.16	Pass
79.00	0.00	-0.70	0.70	0.16	Pass
84.00	0.03	-0.70	0.70	0.16	Pass
89.00	0.04	-0.70	0.70	0.16	Pass
94.00	0.05	-0.70	0.70	0.16	Pass
99.00	0.05	-0.70	0.70	0.16	Pass
104.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
109.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
114.00	0.01	-0.70	0.70	0.15	Pass
115.00	0.01	-0.70	0.70	0.15	Pass
116.00	0.01	-0.70	0.70	0.15	Pass
117.00	0.02	-0.70	0.70	0.15	Pass

Level [dB]	Error [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
118.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass
119.00	0.02	-0.70	0.70	0.15	Pass
120.00	0.03	-0.70	0.70	0.15	Pass

-- End of measurement results--

Peak Rise Time

Peak rise time performed according to IEC 60651:2001 9.4.4 and ANSI S1.4:1983 (R2006) 8.4.4

Amplitude [dB]	Duration [µs]		Test Result [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
139.00	40	Negative Pulse	135.78	134.45	136.45	0.15	Pass
		Positive Pulse	135.93	134.60	136.60	0.15	Pass
	30	Negative Pulse	134.99	134.45	136.45	0.15	Pass
		Positive Pulse	135.08	134.60	136.60	0.15	Pass

-- End of measurement results--

Positive Pulse Crest Factor

200 µs pulse tests at 2.0, 12.0, 22.0, 32.0 dB below Overload Limit

Crest Factor measured according to IEC 60651:2001 9.4.2 and ANSI S1.4:1983 (R2006) 8.4.2

Amplitude [dB]	Crest Factor	Test Result [dB]	Limits [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
138.00	3	OVLD	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	OVLD	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	OVLD	± 1.50	0.15 ‡	Pass
128.00	3	-0.12	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.11	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	OVLD	± 1.50	0.15 ‡	Pass
118.00	3	-0.13	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.13	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	-0.18	± 1.50	0.15 ‡	Pass
108.00	3	-0.14	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.12	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	-0.25	± 1.50	0.15 ‡	Pass

-- End of measurement results--

Negative Pulse Crest Factor

200 µs pulse tests at 2.0, 12.0, 22.0, 32.0 dB below Overload Limit

Crest Factor measured according to IEC 60651:2001 9.4.2 and ANSI S1.4:1983 (R2006) 8.4.2

Amplitude [dB]	Crest Factor	Test Result [dB]	Limits [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
138.00	3	OVLD	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	OVLD	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	OVLD	± 1.50	0.15 ‡	Pass
128.00	3	-0.23	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.21	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	OVLD	± 1.50	0.15 ‡	Pass
118.00	3	-0.24	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.24	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	-0.22	± 1.50	0.15 ‡	Pass
108.00	3	-0.25	± 0.50	0.15 ‡	Pass
	5	-0.36	± 1.00	0.15 ‡	Pass
	10	-0.46	± 1.50	0.16 ‡	Pass

-- End of measurement results--

Gain

Gain measured according to IEC 61672-3:2013 17.3 and 17.4 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 17.3 and 17.4

Measurement	Test Result [dB]	Lower limit [dB]	Upper limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
0 dB Gain	94.01	93.92	94.12	0.15	Pass
0 dB Gain, Linearity	28.07	27.32	28.72	0.16	Pass
20 dB Gain	94.03	93.92	94.12	0.15	Pass
20 dB Gain, Linearity	23.09	22.32	23.72	0.16	Pass
OBA High Range	94.02	93.20	94.80	0.15	Pass
OBA Normal Range	94.02	93.92	94.12	0.15	Pass

-- End of measurement results--

Broadband Noise Floor

Self-generated noise measured according to IEC 61672-3:2013 11.2 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 11.2

Measurement	Test Result [dB]	Upper limit [dB]	Result
A-weight Noise Floor	5.80	9.00	Pass
C-weight Noise Floor	11.76	15.00	Pass
Z-weight Noise Floor	21.95	25.00	Pass

-- End of measurement results--

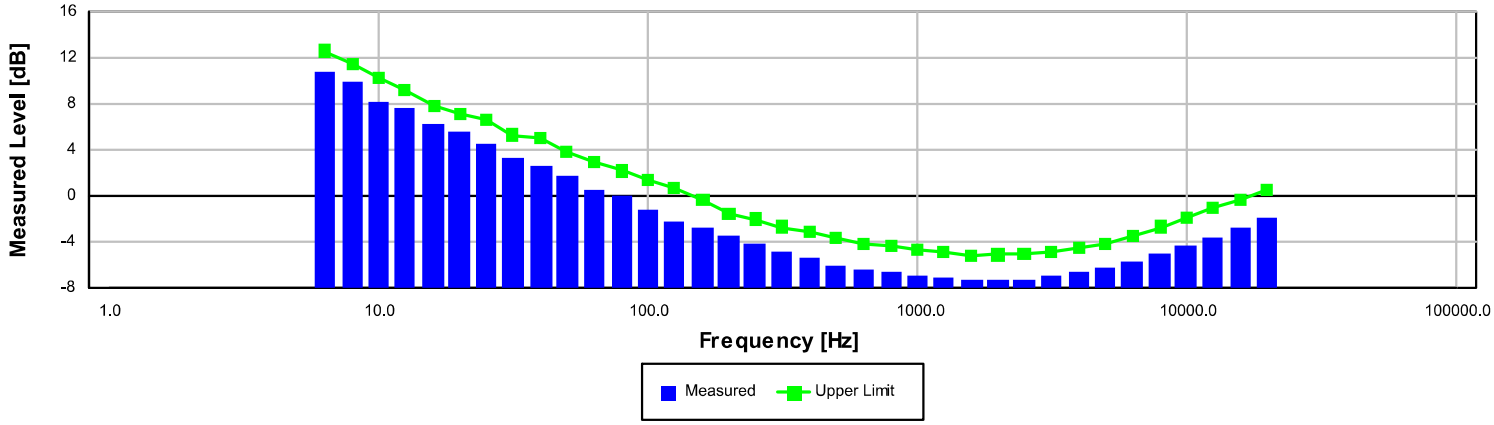
Total Harmonic Distortion

Measured using 1/3-Octave filters

Measurement	Test Result [dB]	Lower Limit [dB]	Upper Limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
10 Hz Signal	137.51	137.20	138.80	0.15	Pass
THD	-77.89		-60.00	1.30 ‡	Pass
THD+N	-76.75		-60.00	1.30 ‡	Pass

-- End of measurement results--

1/3-Octave Self-Generated Noise



The SLM is set to normal range and 20 dB gain.

Frequency [Hz]	Test Result [dB]	Upper limit [dB]	Result
6.30	10.77	12.60	Pass
8.00	9.99	11.50	Pass
10.00	8.14	10.20	Pass
12.50	7.59	9.20	Pass
16.00	6.28	7.90	Pass
20.00	5.62	7.20	Pass
25.00	4.51	6.60	Pass
31.50	3.38	5.30	Pass
40.00	2.62	5.00	Pass
50.00	1.82	3.80	Pass
63.00	0.59	3.00	Pass
80.00	-0.05	2.20	Pass
100.00	-1.21	1.40	Pass
125.00	-2.18	0.70	Pass
160.00	-2.73	-0.40	Pass
200.00	-3.49	-1.50	Pass
250.00	-4.19	-2.00	Pass
315.00	-4.84	-2.70	Pass
400.00	-5.31	-3.10	Pass
500.00	-6.01	-3.70	Pass
630.00	-6.35	-4.10	Pass
800.00	-6.64	-4.30	Pass
1,000.00	-7.00	-4.70	Pass
1,250.00	-7.14	-4.80	Pass
1,600.00	-7.27	-5.20	Pass
2,000.00	-7.29	-5.10	Pass
2,500.00	-7.21	-5.00	Pass
3,150.00	-6.97	-4.80	Pass
4,000.00	-6.67	-4.50	Pass
5,000.00	-6.22	-4.10	Pass
6,300.00	-5.67	-3.40	Pass
8,000.00	-5.06	-2.70	Pass
10,000.00	-4.37	-1.90	Pass
12,500.00	-3.58	-1.10	Pass
16,000.00	-2.76	-0.30	Pass
20,000.00	-1.89	0.60	Pass

-- End of measurement results--

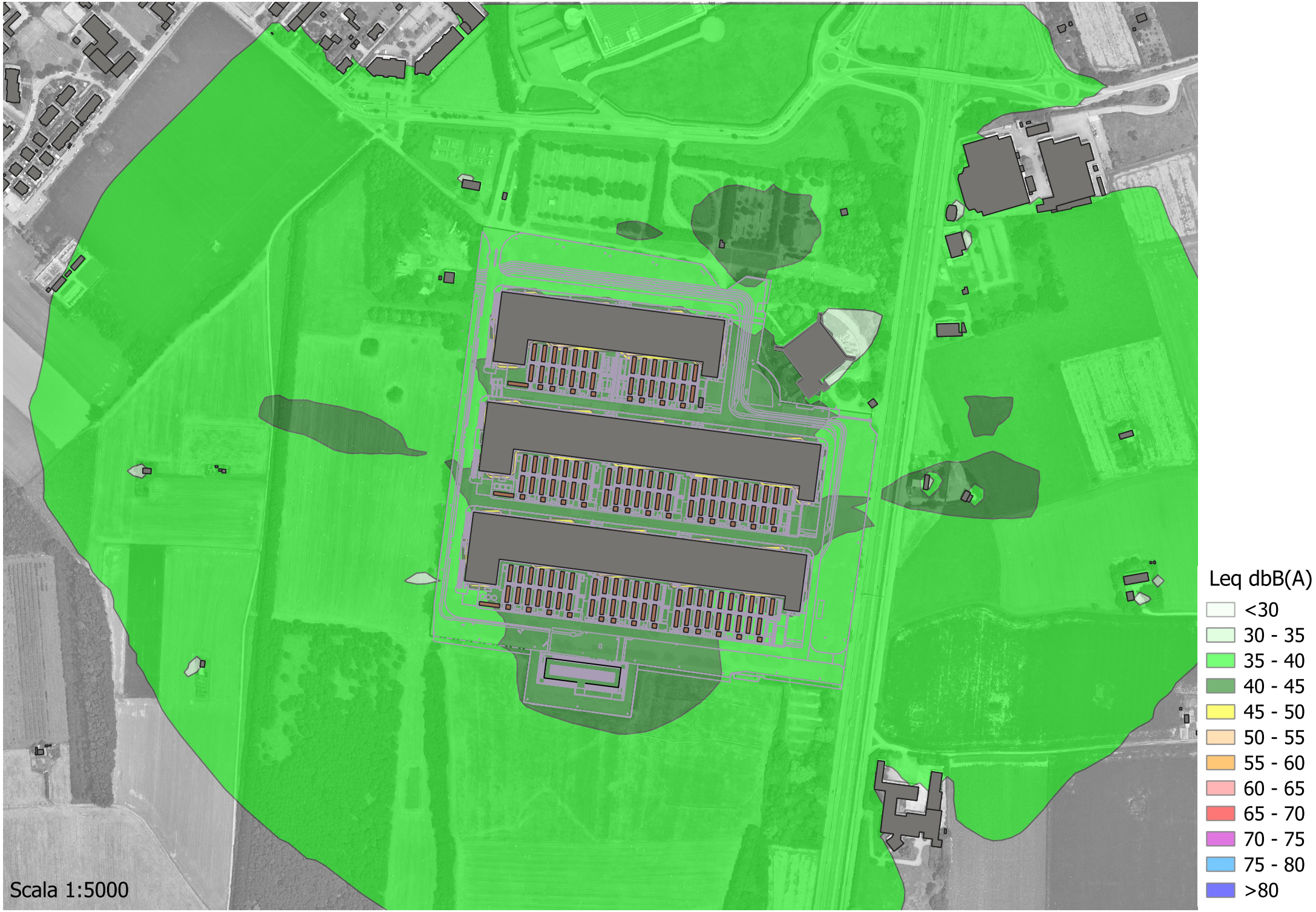
-- End of Report--

Signatory: Jacob Cannon

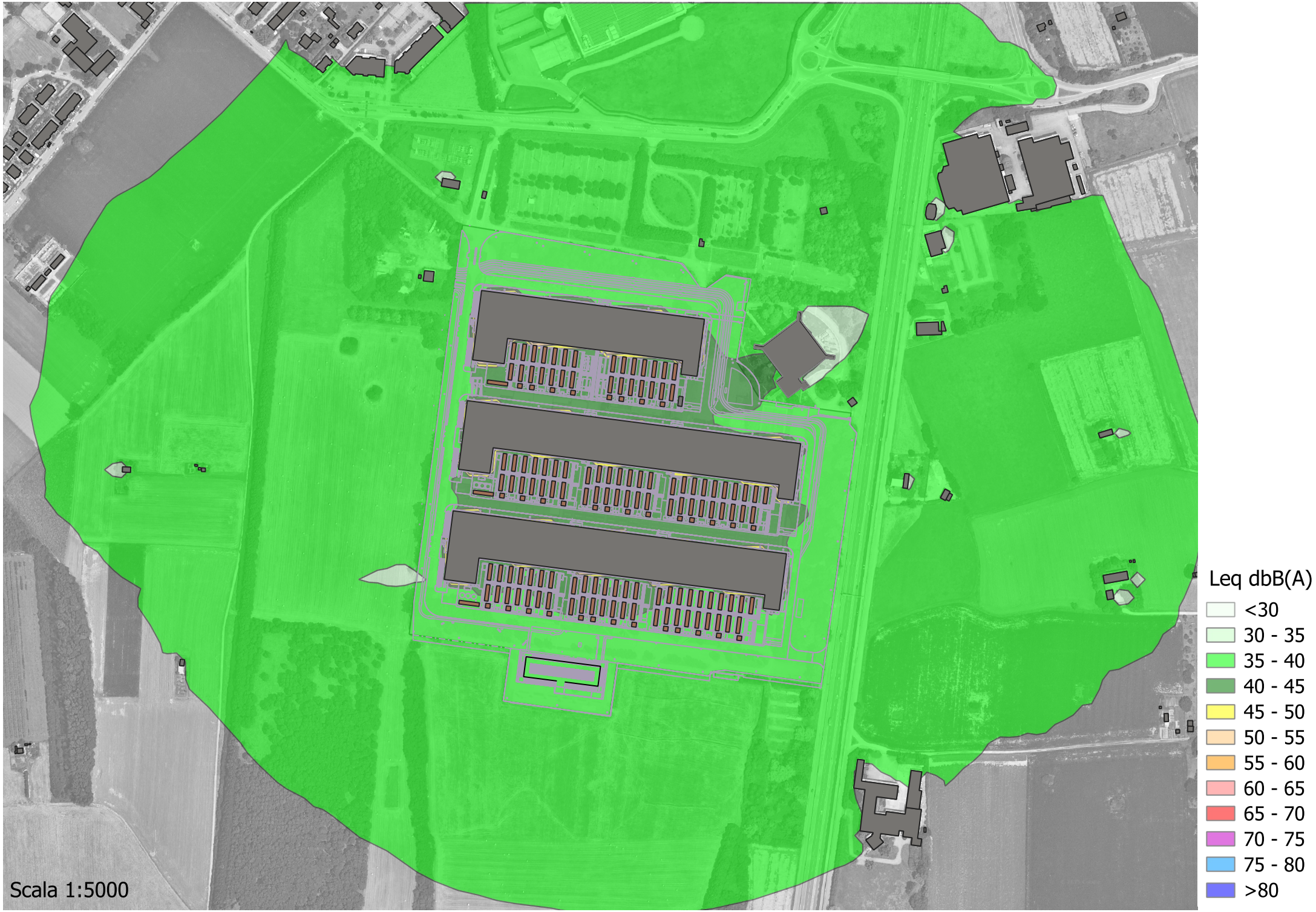
LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo, UT 84601, United States
716-684-0001

Allegato 3 – Mappe Acustiche fase di esercizio e fase di cantiere

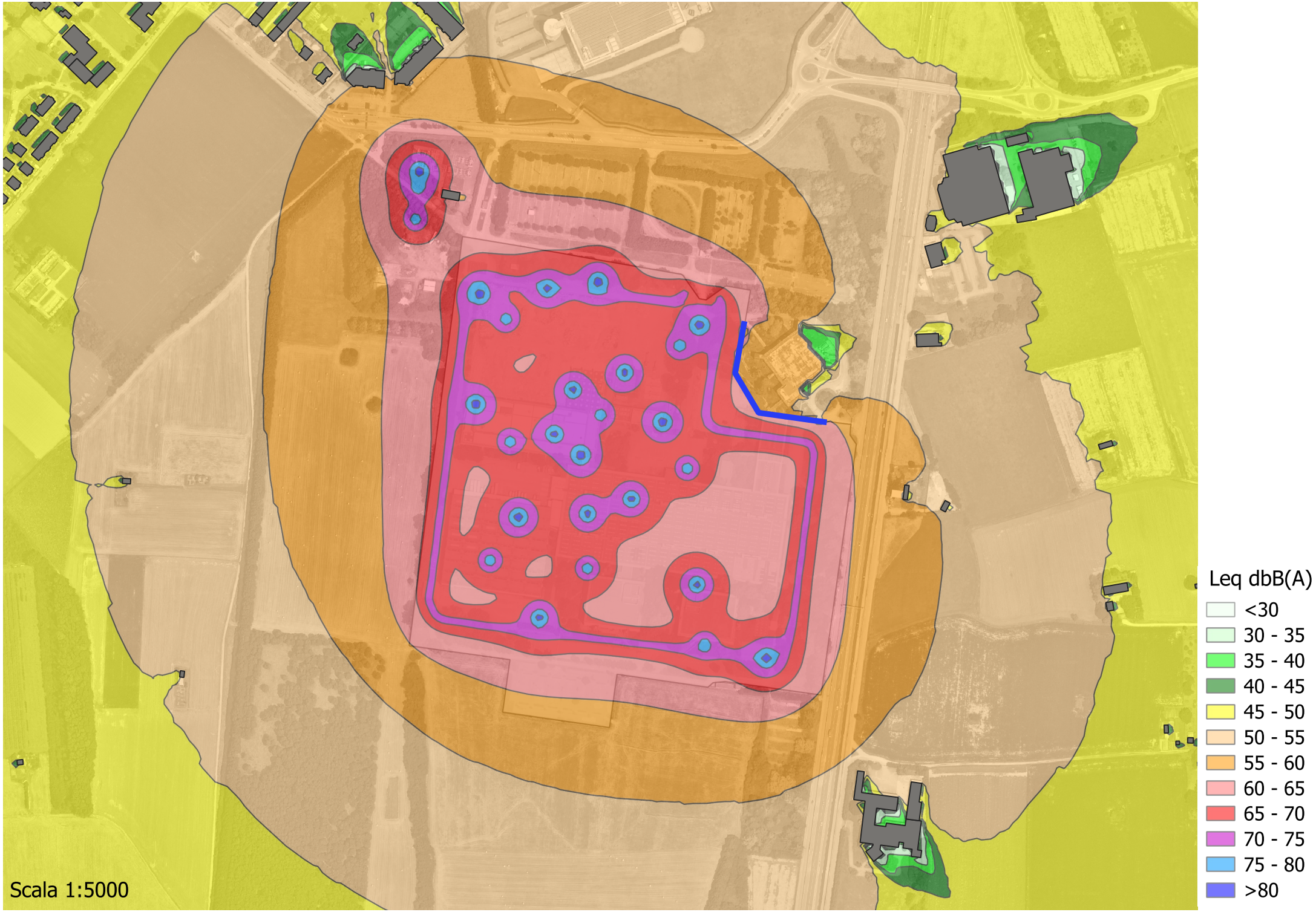
Esercizio - Diurno



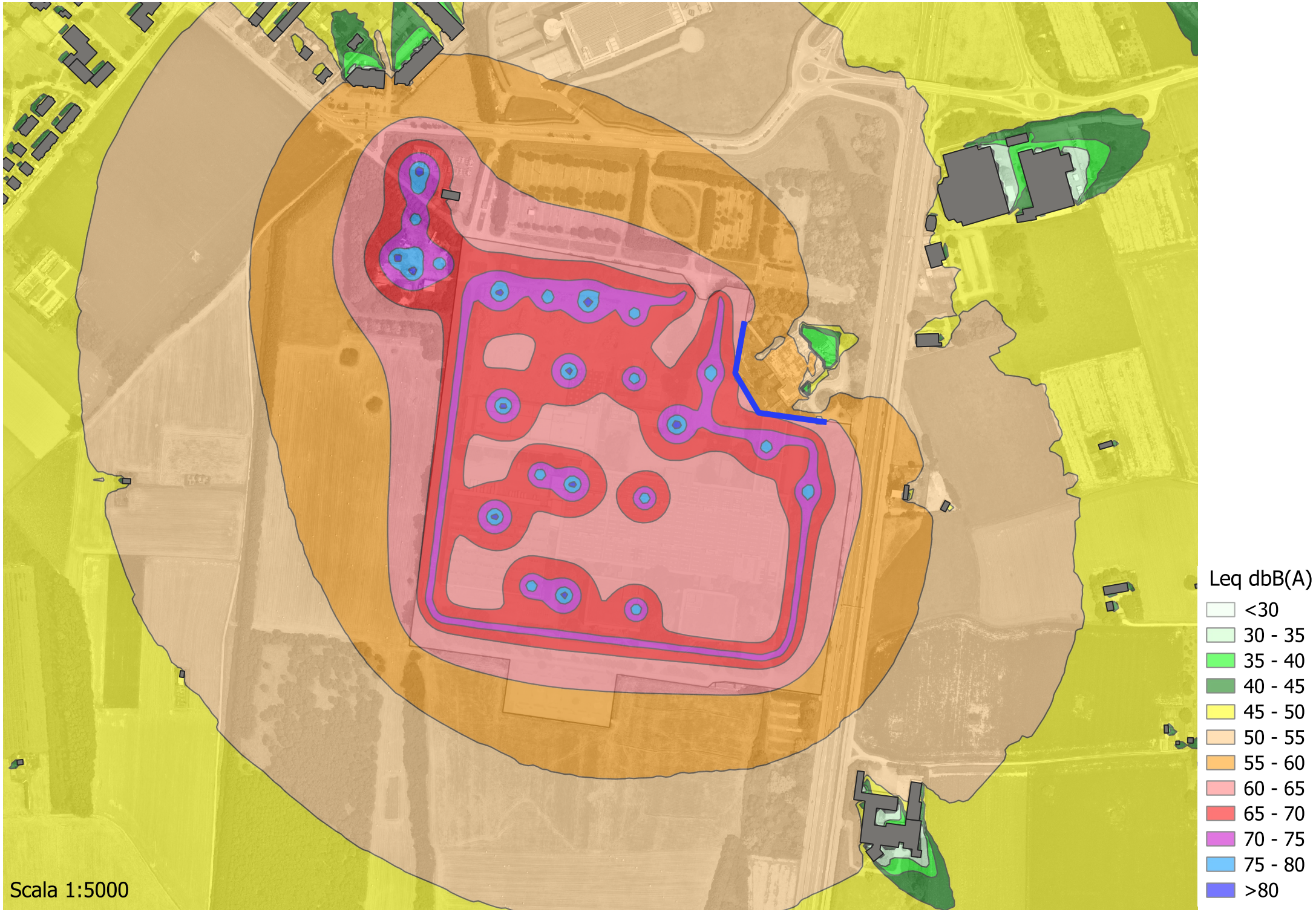
Esercizio - NOTTURNO



Cantiere - Scenario 1



Cantiere - Scenario 2



COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV GL
= ISO 9001 =
= ISO 14001 =
= ISO 45001 =

COMMITTENTE:	PROGETTO:
ARUP Italia s.r.l. Corso Italia, 1 **20122 – Milano (MI)**	***Progetto di un nuovo Data Center in via John Fitzerald Kennedy, 34 a Vimercate (MB)***

Valutazione Previsionale di Impatto Vibrazionale

BON.2024.CLI.180	*Marzo 2026*	*First Issue*	*R. Mani*	*T. Baruzzo*	*A. Lucioni*
PROJECT	*DATE*	*REV*	*DRAFTED*	*VERIFIED*	*APPROVED*

ambiente
ingegneria ambientale

Sede di Milano
via Tibullo 2 – 20151 Milano
Tel. 0245473370
Fax. 0245473371

Web page: www.ambientesc.it

Altre sedi principali
Carrara (sede legale e operativa) Via Frassina, 21 - 54033 Carrara (MS) - Tel. 0585/855624 - Fax. 0585/855617
Firenze Via di Soffiano, 15 - 50143 Firenze (FI) - Tel. 055/7399056 - Fax 055/7134442
Roma Via C. Colombo, 149 - 00147 Roma (RM) - Tel. 06/45678571
Taranto Via Matera, km 598/I - 74014 Laterza (TA) - Mob. 347/1083531

Introduction

With this document, **ambiente srl** has executed the mandate entrusted by **ARUP Italia s.r.l.** with the required diligence.

The elaborations and results illustrated in this document have been obtained in compliance with current regulations and recognized rules in the field of operation and are based on the state of knowledge at the time of drafting the report.

Regarding this, ambiente srl has prepared this documentation as requested, according to the information and specifications provided by the Client, who therefore assumes all responsibility for their accuracy and correctness.

Accordingly, **ambiente srl** considers that:

- The client, or third parties designated by them, have provided all correct information and complete documents for the execution of the mandate;
- This document will not be used partially;
- The elaborations and results contained herein will not be used for purposes other than those agreed upon or for other matters, nor will they be transferred to modified circumstances without being reviewed;
- In this document, the term "Client" refers to the company **ARUP Italia S.r.l**, which commissioned ambiente srl to draft this document

SOMMARIO

1 INTRODUZIONE 6

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO 8

2.1 RIFERIMENTI LEGISLATIVI 8

2.1.1 ISO 2631 "Valutazione sull'esposizione del corpo umano alle vibrazioni" 9

2.1.2 UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" 10

2.1.3 UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici" 19

2.2 LINEE GUIDA MASE D.D. VA N. 257 DEL 02/08/2024 21

3 INQUADRAMENTO DELL'AREA 22

3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 22

3.2 INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI 24

3.3 CONTESTO GEOLOGICO 25

3.3.1 Inquadramento geologico di area vasta 25

3.3.2 Inquadramento geologico sito specifico 28

3.3.3 Caratterizzazione del terreno ai fini della modellazione vibrazionale 29

4 VALUTAZIONE DEL CLIMA VIBRAZIONALE ATTUALE 31

4.1 MONITORAGGIO VIBRAZIONALE 31

4.2 CONFRONTO CON I LIMITI 33

4.3 VALUTAZIONE DELLO STATO ATTUALE DELLE VIBRAZIONI 34

5 STUDIO DI IMPATTO VIBRAZIONALE – MODELLO PREVISIONALE 35

5.1 DEFINIZIONE DEL DISTURBO VIBRAZIONALE 35

5.2 METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DEI LIVELLI VIBRAZIONALI INDOTTI DAL CANTIERE 35

5.3 MODELLO DI CALCOLO 38

5.3.1 Sorgenti superficiali 38

5.3.2 Sorgenti in profondità 40

5.3.3 Sintesi delle ipotesi assunte 41

6 VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO VIBRAZIONALE – FASE DI CANTIERE 42

6.1 INTRODUZIONE 42

6.2 VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE 42

6.2.1 Definizione degli scenari di lavoro 43

6.2.2 Valutazione della propagazione delle vibrazioni 46

6.2.3 Stima dei futuri livelli vibrazionali 47

6.2.4 Valutazione delle vibrazioni ai ricettori 50

6.2.5 Misure di prevenzione e mitigazione 53

7 VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO VIBRAZIONALE – FASE DI ESERCIZIO 56

7.1 INTRODUZIONE 56

7.2 DESCRIZIONE DELLE SORGENTI DI VIBRAZIONI CONNESSE ALL'OPERA 57

7.2.1 Chiller in copertura ai corpi di fabbrica dei data center 58

7.2.2 Parco generatori di energia elettrica a terra 59

7.2.3 Viabilità pertinente al data center 71

8 CONCLUSIONI 73

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1 - Individuazione corretta e non corretta dei punti di misura 13
Figura 2-2 - Schema di calcolo dell'accelerazione ponderata efficace secondo la UNI 9614:2017 16
Figura 3-1 - Area di intervento in relazione alla città di Milano 23
Figura 3-2 - Quadro territoriale dell'area di intervento 24
Figura 3-3 - Localizzazione dei recettori nell'area 25
Figura 3-4 – Estratto della "Carta Geologica D'Italia" Foglio 097 Vimercate - Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca ambientale (in rosso è indicato il sito) 27
Figura 3-5 – Sezione stratigrafica A-A' 28
Figura 3-6 – Sezione stratigrafica B-B' 29
Figura 4-1 - Localizzazione dei recettori nell'area e postazioni di misura 32
Figura 4-2 - Foto delle posizioni dei punti di misurazione R1 (a sinistra) e C0 (a destra) 33
Figura 5-1 – Relazione tra mezzi d'opera e spettro di emissione di vibrazioni 35
Figura 5-2 – Filtri di ponderazione per i diversi assi di riferimento 36
Figura 5-3 – Propagazione dello spettro di vibrazione 37
Figura 5-4 – Valutazione della propagazione del livello di vibrazioni (Vettore Sorgente) a diverse distanze 38
Figura 5-5 – Tipi di onda di volume e di superficie (a sinistra) e velocità relativa delle onde P, R rispetto onde S (a destra) 38
Figura 5-6 – Schema della propagazione a partire da una sorgente profonda 40
Figura 6-1 – Spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z .. 46
Figura 6-2 – Propagazione dei livelli di accelerazione in dB (UNI 9614) per singola frequenza 47
Figura 6-3 – Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo Scenario 01 48
Figura 6-4 – Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo Scenario 02 49
Figura 6-5 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni – Sc.01 51
Figura 6-6 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni – Sc.02 52
Figura 7-1 - Planimetria dei 3 data center 57
Figura 7-2 – Posizione chiller in copertura (in verde) del data center 58
Figura 7-3 – Posizione chiller in copertura (in rosso) del data center e dei generatori a terra (in ciano) 60
Figura 7-4 – Spettro delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z. 62
Figura 7-5 – Propagazione dei livelli di accelerazione in dB (UNI 9614) per singola frequenza 63
Figura 7-6 – Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali in fase di esercizio dei generatori 64
Figura 7-7 – Ubicazione dei generatori elettrici diesel considerati nei diversi scenari di test 65
Figura 7-8 Ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 1 66
Figura 7-9 – Dettaglio ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 1 66
Figura 7-10 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 2 67
Figura 7-11 – Dettaglio ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 2 67
Figura 7-12 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 3 68
Figura 7-13 – Dettaglio ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 3 68
Figura 7-14 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 4 69

Figura 7-15 – Dettaglio ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 4 69
Figura 7-16 - Influenza della rugosità del fondo stradale - (a) fondo buono - (b) fondo scadente 71

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 4-1 - Dettaglio dei rilievi effettuati durante la campagna di misurazione del Febbraio 2026 31
Tabella 4-2 - Risultati monitoraggio vibrometrico presso ricettore R1 31
Tabella 4-3 - Risultati monitoraggio vibrometrico presso ricettore C0 32
Tabella 4-4 - Confronto con il limite diurno 33
Tabella 4-5 - Confronto con il limite notturno 33
Tabella 5-1 - Definizione dell'esponente n in base al tipo di sorgente e onda 39
Tabella 5-2 - Coefficiente di attenuazione 39
Tabella 6-1 - Sintesi distanze dal confine dell'area di cantiere per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti i limiti 49
Tabella 7-1 - Sintesi distanze dai singoli generatori per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti i limiti 64

Allegati

Allegato 1 – Certificati misure vibrometriche

Allegato 2 – Certificati strumentazione

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la **Valutazione di Impatto Vibrazionale** per il progetto di realizzazione di **tre data center** e costituisce **risposta alla richiesta di documentazione integrativa** all'interno della Procedura di Valutazione d'Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 23 del D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. relative al progetto "Realizzazione di un campus tecnologico composto da tre edifici data center indipendenti e installazione di n.126 generatori per una potenza termica complessiva di circa 1.000 MWt da realizzare nel Comune di Vimercate (MB)" con proponente KRYALOS SGR S.P.A [ID: 14148].

In particolare, alla richiesta 4.8 *"Il Proponente dovrà inoltre predisporre uno studio di compatibilità dell'opera in relazione alle vibrazioni, con stima dei livelli vibrazionali sui recettori individuati nella fase di corso d'opera, conformemente a quanto previsto dalla norma UNI 9614:2017. Lo studio dovrà riguardare le fasi ante, in corso e post opera, con report dedicati, descrivendo le sorgenti di vibrazioni e del mezzo di propagazione, anche attraverso modellazione secondo il cronoprogramma di cantiere e, successivamente di normale esercizio, test dei generatori e funzionamento a pieno regime in blackout."*

Il documento costituisce, quindi, la valutazione per il progetto di realizzazione di **tre data center** in un'area situata nel Comune di Milano, delimitata dall'autostrada A51 Tangenziale Est Milano, via J.F. Kennedy e aree a destinazione agricola.

L'intervento prevede la costruzione di tre edifici (due con tre sale dati per ciascun piano, uno con due sale dati per ciascun piano). I tre data center ospiteranno macchinari (server) e sistemi di supporto (ventilazione e condizionamento). La porzione più orientale sarà destinata ad uffici. All'esterno sono previsti generatori di emergenza per l'eventualità di interruzioni di corrente: per quanto riguarda le accensioni in situazioni d'emergenza le emissioni di vibrazioni di tali generatori non rientrano nella presente valutazione in analogia all'emissione acustiche, le quali in questa situazione di funzionamento non sono soggette a limiti normativi come previsto dalle Linee Guida MASE D.D. VA n. 257 del 02/08/2024 al punto iii) del paragrafo 2.10 Rumore.

Lo scopo del presente studio è pertanto la verifica dei livelli previsti all'interno dei recettori potenzialmente influenzati dalle emissioni delle vibrazioni dell'impianto in esame, in ottemperanza a quanto proposto dalla UNI 9614:2017 e le eventuali misure di mitigazione realizzabili.

Il presente studio ha, altresì lo scopo di valutare gli impatti potenziali dei cantieri relativi alla realizzazione dell'impianto e delle viabilità di accesso.

Questa relazione costituisce la valutazione dell'impatto vibrazionale dei nuovi impianti da installare sviluppata in riferimento alla UNI 9614:2017 "*Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*". In particolare, si propone di:

- valutare i livelli di emissione delle vibrazioni generati durante la fase di esercizio del data center e di test dei generatori all'interno dei ricettori adiacenti all'area di studio;
- verificare l'eventuale conformità ai limiti delle vibrazioni previste dalla norma nazionale;
- valutare l'impatto delle vibrazioni in fase di cantiere.

I rilievi vibrometrici, le elaborazioni numeriche delle misure e la redazione del presente studio sono stati eseguiti dai seguenti Tecnici Competenti in Acustica Ambientale, iscritti all'Elenco Nazionale (ENTECA) ai sensi del D. Lgs. del 17 febbraio 2017, n. 42:

- Ing. Marco Angeloni

  D.D. n. 8657 del 03/05/2006 Prov. Massa-Carrara

  Iscrizione ENTECA n. 8027 del 10/12/2018

- Ing. Tiziano Baruzzo

  D.D. n. 3098 del 02/11/2011 Regione Liguria

  Iscrizione ENTECA n. 2483 del 10/12/2018

Coadiuvati dalla

- Dott.ssa Geol. Rebecca Mani.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Lo studio vibrazionale è stato sviluppato coerentemente a quanto prescritto dal quadro normativo vigente. Nel seguito si riporta l'elenco delle normative a carattere nazionale e di specifico interesse per la presente relazione.

2.1 Riferimenti legislativi

A differenza del rumore ambientale, regolamentato a livello nazionale dalla Legge Quadro n. 447/95, non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo in edifici interessati da fenomeni di vibrazione.

La caratterizzazione delle emissioni di vibrazioni da parte di veicoli non è soggetta alle stringenti normative e disposizioni legislative che normano invece l'emissione del rumore e sebbene le vibrazioni trasmesse agli edifici non siano state argomento di legiferazione da parte dello Stato italiano è tuttavia universalmente riconosciuta la competenza in materia da parte dell'UNI, ente preposto alla redazione della normativa tecnica in ambito nazionale.

L'UNI ha pubblicato negli anni una completa serie di norme (nazionali e/o recepimenti di norme internazionali) che coprono l'intera problematica delle vibrazioni negli edifici: la valutazione del disturbo alle persone, la valutazione del danno strutturale, l'implementazione della metodologia di misura ecc.

In particolare, le norme di interesse per il presente studio di impatto sono:

- Norma UNI 9614:1990 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo";
- Norma UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo";
- Norma UNI 9916:2004 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici".

Nella UNI 9614:1990 è definito il metodo di misura delle vibrazioni di livello costante immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi. La norma concorda parzialmente con la norma internazionale ISO 2631/2. La UNI 9614:1990 ha subito una revisione nel 2017. La UNI 9614:2017 imposta un approccio profondamente diverso nella modalità di valutazione dei disturbi da vibrazione. Per tale motivo, considerando il nuovo approccio proposto dalla revisione del 2017, la valutazione del modello di propagazione sarà eseguita in riferimento alla UNI 9614:2017.

La norma UNI 9916 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratori per permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

Vi sono, inoltre, norme internazionali di riferimento, fra cui:

- ISO 8041 Human response to vibration – Measuring instrumentation;
- ISO 2631-1, Mechanical vibration and shock evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements, 1997;

- ISO 2631-2, Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 2: Continuos and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz), 1989;
- ISO 5347, Metodi per la calibrazione dei rilevatori di vibrazioni;
- ISO 5348, Montaggio meccanico degli accelerometri;
- ISO 1683, Acoustics – Preferred reference quantities for acoustic levels, 1983;
- DIN 4150, Vibrations in building. Part 1: Principles, predetermination and measurement of the amplitude of oscillations, 1975;
- DIN 4150-2, Vibrations in building. Part 2: Influence on persons in buildings, 1975;
- DIN 4150-3, Vibrations in building. Part 3: Influence on constructions, 1975.

Per quanto riguarda il disturbo alle persone, i principali riferimenti sono costituiti dalla norma ISO 2631 / Parte 2 "Evaluation of human exposure to whole body vibration / "Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)". La norma assume particolare rilevanza pratica poiché ad essa fanno riferimento le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale relativi alla componente ambientale "Vibrazioni", contenute prima nel D.P.C.M. 27/12/1988 e a seguito della sua abrogazione nel 2017, dall'Allegato VII alla Parte Seconda del D.Lgs. n. 152/2006 che lo ha sostituito. Ad essa, seppur con alcune non trascurabili differenze, fa riferimento la norma UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo".

Di seguito si fornisce una breve sintesi dei contenuti essenziali delle norme più rilevanti utilizzate per la valutazione dell'impatto da vibrazioni.

2.1.1 ISO 2631 "Valutazione sull'esposizione del corpo umano alle vibrazioni"

La ISO 2631-2 si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate. Il campo di frequenze considerato è 1÷80 Hz e il parametro di valutazione è il valore efficace dell'accelerazione a_{rms} definito come:

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a^2(t)\,dt}$$

dove a(t) è l'accelerazione in funzione del tempo, T è la durata dell'integrazione nel tempo dell'accelerazione. La norma definisce tre curve base per le accelerazioni e tre curve base per le velocità (in funzione delle frequenze di centro banda definite per terzi di ottava) che rappresentano le curve approssimate di uguale risposta in termini di disturbo, rispettivamente per le accelerazioni riferite all'asse Z, agli assi X, Y e alla combinazione dei tre assi. L'Annex A della ISO 2631-2 (che non rappresenta peraltro parte integrante della norma) fornisce informazioni sui criteri di valutazione della risposta soggettiva alle vibrazioni; in pratica sono riportati i fattori di moltiplicazione da applicare alle curve base delle accelerazioni e delle velocità al variare del periodo di riferimento (giorno e notte), del tipo di vibrazione (vibrazioni continue o intermittenti, vibrazioni transitorie) e del tipo di insediamento (ospedali, laboratori di precisione, residenze, uffici, industrie). Le vibrazioni devono essere misurate nel "punto di ingresso" nel corpo umano e deve essere rilevato il valore di accelerazione r.m.s. perpendicolarmente alla superficie vibrante. Nel caso di edifici residenziali in cui non è facilmente definibile un asse specifico di vibrazione, in quanto lo stesso edificio può

essere usato da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno, la norma presenta una curva limite che tiene conto delle condizioni più sfavorevoli combinate in tre assi.

2.1.2 UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"

La UNI 9614:1990 "Vibrazioni - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" considera i diversi tipi di sollecitazione vibratoria: livelli costanti, non costanti, impulsivi. La norma definisce metodologia di misura e analisi del segnale al fine di quantificare il disturbo da vibrazioni verso le persone. La vibrazione viene espressa attraverso il concetto di accelerazione:

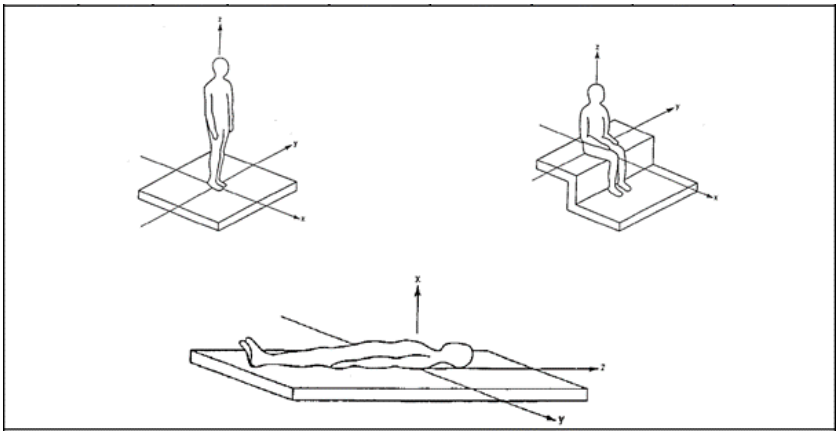
$$a = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T a(t)^2 \, dt}$$

o del suo equivalente livello di accelerazione (espressione in dB dell'accelerazione espressa in m/s^2):

$$L_{acc} = 20 \cdot \lg\left[\frac{a}{a_0}\right] \qquad a_0 = 10^{-6} \, m/s^2$$

Nella definizione di accelerazione ponderata a_w prevista dalla norma (che prevede una pesatura in frequenza in funzione della direzione della vibrazione) si fa riferimento al seguente schema.

Frequenza [Hz]			Ponderazione per le Accelerazioni [dB]			Ponderazione per le Velocità [dB]		
centrale	Estremo inferiore	Estremo superiore	Postura Longitudinale (asse z)	Postura Trasversale (asse x-y)	Postura non nota o Variabile	Postura Longitudinale (asse z)	Postura Trasversale (asse x-y)	Postura non nota o Variabile
1.00	0.89	1.12	-6.0	0.0	0.0	-24.0	-6.0	-15.0
1.25	1.12	1.41	-5.0	0.0	0.0	-21.0	-4.0	-13.0
1.60	1.41	1.78	-4.0	0.0	0.0	-18.0	-2.0	-11.0
2.00	1.78	2.24	-3.0	0.0	0.0	-15.0	0.0	-9.0
2.50	2.24	2.82	-2.0	-2.0	-0.5	-12.0	0.0	-7.5
3.15	2.82	3.55	-1.0	-4.0	-1.0	-9.0	0.0	-6.0
4.00	3.55	4.47	0.0	-6.0	-1.5	-6.0	0.0	-4.5
5.00	4.47	5.62	0.0	-8.0	-2.0	-4.0	0.0	-3.0
6.30	5.62	7.08	0.0	-10.0	-2.5	-2.0	0.0	-1.5
8.00	7.08	8.91	0.0	-12.0	-3.0	0.0	0.0	0.0
10.00	8.91	11.22	-2.0	-14.0	-5.0	0.0	0.0	0.0
12.50	11.22	14.13	-4.0	-16.0	-7.0	0.0	0.0	0.0
16.00	14.13	17.78	-6.0	-18.0	-9.0	0.0	0.0	0.0
20.00	17.78	22.39	-8.0	-20.0	-11.0	0.0	0.0	0.0
25.00	22.39	28.18	-10.0	-22.0	-13.0	0.0	0.0	0.0
31.50	28.19	35.48	-12.0	-24.0	-15.0	0.0	0.0	0.0
40.00	35.48	44.67	-14.0	-26.0	-17.0	0.0	0.0	0.0
50.00	44.67	56.23	-16.0	-28.0	-19.0	0.0	0.0	0.0
63.00	56.24	70.79	-18.0	-30.0	-21.0	0.0	0.0	0.0
80.00	70.80	89.12	-20.0	-32.0	-23.0	0.0	0.0	0.0



I valori limite sono differenziati per tipologia insediativa, per tipo di segnale (durata, caratteristiche) e per asse di sollecitazione. Per valori di sollecitazione vibratoria costante e non costante (dove per quest'ultima viene richiesta un'integrazione dei valori misurati), i valori limite sono riportati nella seguente tabella.

Classe	Destinazione d'uso del territorio	Livello L_{eff} [dB] (°)			Accelerazione A_{eff} [mm/s²]			Velocità V_{eff} [μm/s]		
		L (z)	T (x-y)	V (x-y-z)	L (z)	T (x-y)	V (x-y-z)	L (z)	T (x-y)	V (x-y-z)
I	Aree critiche (1)	74	71	71	5,0	3,6	3,6	100	280	100
II	Abitazioni (notte)	77	74	74	7,0	5,0	5,0	140	400	140
III	Abitazioni (giorno)	80	77	77	10,0	7,2	7,2	200	560	200
IV	Uffici	86	83	83	20,0	14,4	14,4	400	1.100	400
V	Fabbriche	92	89	89	40,0	28,8	28,8	800	2.200	800

L componente longitudinale (riferita alla spina dorsale dell'uomo) .....(Asse z)
T componente trasversale (riferita alla spina dorale dell'uomo) .....(Assi x-y)
V nel caso di postura variabile o non nota .....(Assi x-y-z)
(°) 0 dB ≅ 1 μm/s² (10^{-6} m/s²)

(1) Per aree critiche si intendono edifici particolarmente sensibili alle vibrazioni, quali ad es. laboratori metrologici, fabbricati industriali contenenti apparecchiature sensibili alle vibrazioni (microscopi elettronici…).

La UNI 9614:1990 definisce tre tipologie di segnali vibratori:

- vibrazioni di livello costante;
- vibrazioni di livello non costante;
- vibrazioni impulsive.

Il segnale vibratorio prodotto dalle vibrazioni stradali può essere considerato come una vibrazione di livello non costante e dunque per tale tipologia di segnale la valutazione deve avvenire su un "intervallo di tempo rappresentativo" dell'evento (app. A.2 norma UNI 9614).

Su tale intervallo è possibile effettuare due tipi di valutazioni: nel caso in cui si scelga un approccio maggiormente cautelativo si può operare sul massimo valore raggiunto durante l'evento del transito, mentre in alternativa si può lavorare sul concetto di media energetica sulla durata dell'evento.

In generale, la valutazione delle vibrazioni negli studi, sono eseguite sul valore medio del valore efficace (RMS) della vibrazione su un intervallo equivalente alla durata dell'evento di transito.

Per quanto riguarda la direzione del rilievo la norma UNI 9614 prescrive di eseguire i rilievi "lungo i tre assi ortogonali o secondo l'asse lungo il quale le vibrazioni sono più elevate". Negli studi è considerata la seconda ipotesi, di applicare la ponderazione asse Z all'asse verticale e la ponderazione X-Y per gli assi orizzontali. I limiti applicabili saranno pertanto:

Direzione Asse	Soglia di percezione Law (dB)	Limite di accettabilità per abitazioni Law (dB)	Limite di accettabilità per uffici Law (dB)
Asse Z	74	77	86
Assi X-Y	71	74	83

In riferimento alla UNI 9614:2017, essendo essa presa a rifermento nello studio, si riporta di seguito la descrizione dettagliata della norma.

Nel settembre 2017, dopo una lunga fase preparatoria, è stato emanato l'aggiornamento della norma UNI 9614:1990. L'aggiornamento si è reso necessario per mettere a punto un approccio più moderno alla valutazione del disturbo da vibrazioni e per tenere conto dei progressi delle tecniche di misura e della normativa internazionale vigente.

La norma, come già illustrato, riguarda il metodo di misurazione delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici ed i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi. La nuova versione della norma modifica in modo sostanziale la vecchia, introducendo un approccio innovativo per le modalità di valutazione dei disturbi da vibrazioni, facendo riferimento alla norma ISO 2631.2:2003 per i metodi di misura e valutazione, ed alla norma norvegese NS 8176.E.

La norma è applicabile a tutti i fenomeni che possono originare vibrazioni negli edifici, come, ad esempio, traffico su gomma o su rotaia, attività industriali o di specifici macchinari, attività di cantiere, esplosioni, ecc.; non è invece applicabile a vibrazioni derivanti da fenomeni sismici, alla valutazione di danni strutturali, architettonici o "cosmetici" agli edifici, per la quale esistono altre norme di riferimento, all'esame di problematiche connesse all'igiene sul lavoro, o alle attività di manutenzione preventiva/predittiva di macchinari o di influenza su strumenti particolarmente sensibili. Non si applica inoltre a casi di frequenze vibrazionali inferiori al terzo di banda d'ottava centrato a 1 Hz.

Anzitutto la nuova norma 9614:2017 distingue i tipi di sorgenti in base a:

- posizione: interna o esterna agli edifici;
- funzione: per sorgenti legate ad "attività essenziali" di pubblico servizio, per le quali un'eventuale disattivazione potrebbe generare un'interruzione di pubblico servizio con danni a persone, cose o attività, possibili pericoli o problemi di ordine pubblico, ecc. (ospedali, gasdotti, elettrodotti, acquedotti, ecc.); per sorgenti legate ad "attività non interrompibili", per le quali non è possibile, a meno di interventi di manutenzione programmata o straordinaria, interrompere in tempi rapidi l'attività senza produrre danni o pericoli o alterazioni di prodotto (sorgenti industriali e/o a ciclo

continuo, impianti di produzione/distribuzione di energia, sistemi di trasporto pubblico); per sorgenti "di altra natura";

- caratteristiche di durata delle vibrazioni prodotte: per sorgenti continue o semi-continue (impianti industriali); per sorgenti intermittenti presenti per gran parte della giornata (strade, metropolitane, ferrovie); per sorgenti intermittenti presenti per una parte limitata della giornata (ascensori interni a un edificio); per sorgenti temporanee presenti per gran parte della giornata (cantieri); per sorgenti temporanee presenti per una parte limitata del giorno.

La classificazione di cui sopra viene proposta come descrittore univoco per l'identificazione dei fenomeni.

Le misure devono essere eseguite dopo un'analisi accurata dei fenomeni osservati, condotta sulla base degli aspetti legati alla tipologia di sorgente e di edificio ed alle posizioni dei recettori e relativi tempi di permanenza.

La grandezza cinematica di riferimento rappresentativa del disturbo è individuata nell'accelerazione assoluta, che necessita di una misura diretta per mezzo di sensori accelerometrici, con misura simultanea sui tre assi ortogonali di riferimento per la struttura dell'edificio o del corpo umano (per convenzione: asse Z verticale).

Le postazioni di misura vanno individuate sulla base delle reali condizioni di utilizzo degli ambienti da parte degli abitanti, escludendo quindi eventuali ambienti di servizio (ripostigli, servizi igienici, cantine, solai, corridoi, giardini, vie di accesso, balconi/terrazzi, scale, pianerottoli e ambienti non abitabili secondo le vigenti normative indipendentemente dal loro reale uso). Le misure per la valutazione del disturbo alla persona vanno eseguite, in generale, sui pavimenti o, in subordine, su elementi strutturali che possono essere a diretto contatto con il corpo umano durante la normale attività all'interno dell'ambiente o su superfici di appoggio per mobili utilizzati per il riposo, ma non su soffitti, controsoffitti, mensole, vetrate, suppellettili, mobili, letti e arredi in generale. Vanno anche evitate posizioni di misura su superfici a scarsa aderenza con le strutture (piastrelle non aderenti al massetto), morbide e/o cedevoli (tappeti, moquette, ecc.) o per le quali l'ampiezza delle vibrazioni può derivare anche da cattivo stato di manutenzione. Ovviamente i punti di misura devono essere individuati nei punti ove si rileva il più elevato dei valori efficaci di accelerazione ponderata aw(t), ma lontano da eventuali punti singolari. La seguente figura mostra alcune possibili individuazioni di punti di misura adeguati o non adeguati alle valutazioni oggetto della norma in esame.

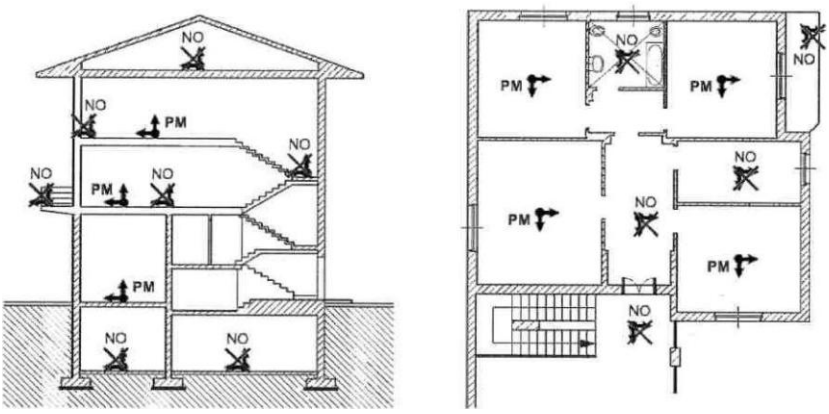


Figura 2-1 - Individuazione corretta e non corretta dei punti di misura

La durata complessiva delle misure dipende dal numero di eventi necessario ad assicurare una ragionevole accuratezza statistica delle misure, tenendo conto sia della variabilità della sorgente che della natura dell'ambiente di misura. Se l'esposizione è prodotta da fenomeni di diverso tipo presenti in diversi periodi, è necessario procedere con un'analisi separata per ciascun periodo. L'appendice A della norma fornisce criteri generali per l'individuazione degli eventi da prendere in considerazione nel caso di fenomeni connessi a traffico tramviario o stradale, attività di cantiere, sorgenti industriali, attività umane dirette e vibrazioni stazionarie ed ergodiche. Per le misure, resta comunque fondamentale la verifica dell'effettiva ed esaustiva rappresentatività della situazione in esame.

La norma fornisce comunque indicazioni generali sul numero minimo consigliato di eventi da prendere in considerazione per i singoli casi:

- per fenomeni caratterizzati da un elevato numero di eventi distinti: almeno 15 eventi;
- per fenomeni generati da attività umane dirette con eventi distinguibili: almeno 25 eventi;
- per fenomeni stazionari, ergodici o assimilabili che non danno luogo ad eventi distinti (attività industriali o attività umane dirette con eventi non facilmente distinguibili): almeno 25 eventi;
- per fenomeni caratterizzati da un ridotto numero di eventi si possono eseguire misurazioni anche in giorni diversi per acquisire complessivamente i segnali relativi ad almeno 5 eventi;
- gli eventi molto rari (indicativamente con occorrenza inferiore a un evento ogni due settimane) sono considerati "non disturbanti" ai fini della UNI 9614:2017, in virtù della loro scarsa incidenza temporale.

Per la determinazione del presunto disturbo vibrazionale generato da una specifica sorgente devono essere misurate sia le vibrazioni immesse che quelle residue. Le vibrazioni residue vanno misurate nello stesso punto e con le stesse modalità e criteri utilizzati per le vibrazioni immesse, considerando ricomprese nella componente residua le vibrazioni eventualmente rilevate in ambiente lavorativo e connesse all'attività produttiva o agli impianti al suo servizio.

Nel caso di sorgenti continue classificabili come attività essenziali di pubblico servizio, non è ovviamente possibile la misura delle vibrazioni residue, rendendo accettabile la misura delle sole vibrazioni immesse, ma mantenendo la possibilità di eseguire rilievi di vibrazioni residue in occasione di fermi per manutenzioni programmate o nel corso di fasi di ridotta attività, al fine di ottenere almeno una stima della componente vibrazionale residua. Per le attività non interrompibili, ma non essenziali, la misura delle vibrazioni residue è invece richiesta mediante una disattivazione programmata delle sorgenti, previa una valutazione preliminare cautelativa della significatività delle vibrazioni residue stesse e del loro peso rispetto alle vibrazioni immesse. Per sorgenti semi-continue, intermittenti o temporanee la misura delle vibrazioni residue è invece obbligatoria.

La strumentazione da utilizzare per la valutazione del disturbo da vibrazioni deve permettere, oltre che l'acquisizione e la registrazione del segnale accelerometrico, anche l'elaborazione in linea dei dati. È accettato anche l'uso di sistemi di acquisizione dati con memorizzazione digitale della storia temporale accelerometrica

con successiva post elaborazione off-line mediante specifico software, dandone esplicita indicazione, rispondente comunque alle caratteristiche di analisi richieste dalla UNI EN ISO 8041-1.

Le caratteristiche metrologiche della catena di misura (curva di risposta in frequenza, dinamica del sistema di acquisizione, rumore di fondo, filtri "band limiting", ponderazione Wm, ecc.) devono essere conformi alla UNI EN ISO 8041-1.

In particolare, si devono rispettare i seguenti requisiti:

- sensibilità nominale non inferiore a 10mV/(m/s^2);
- risposta in frequenza della catena di misura, comprensiva dell'acquisizione, lineare con tolleranza ±5% da 0.5 Hz a 250 Hz;
- acquisizione digitale con frequenza di campionamento non minore di 1500 Hz, presenza di filtro anti-aliasing con frequenza non minore di 600 Hz, risoluzione preferenziale di 24 bit e minima di 16 bit;
- valore efficace del rumore strumentale, dovuto a fenomeni casuali e non dipendenti né dalle vibrazioni immesse né da quelle residue, almeno cinque volte inferiore al minimo valore efficace dei segnali da misurare.

Il montaggio degli accelerometri deve essere tale da garantire la trasmissione rigida del moto dal sistema vibrante all'accelerometro almeno della banda 0-500 Hz e deve essere eseguito facendo riferimento alla norma UNI ISO 5348 o secondo le indicazioni fornite dal produttore del sensore. Le modalità di installazione devono essere riportate nel rapporto di misura e devono essere scelte in relazione alle condizioni dei piani di posa, prevedendo eventualmente l'utilizzo, anche contemporaneo, di inserti/tasselli (meccanici o chimici) inseriti nel piano di posa, collaggi rigidi (mastici, resine, cera d'api), magneti, collegamenti bullonati o masse appoggiate isostaticamente sulle superfici alle quali è vincolato l'accelerometro (configurazione non concessa per superfici morbide o irregolari). Il corretto funzionamento della catena di misura deve essere verificato prima e dopo ogni misura mediante apposito calibratore a norma UNI EN ISO 8041-1; sono ammessi calibratori a frequenza fissa pari a 1000 rad/s ed ampiezza di 10m/s^2. Ogni tre anni l'intera catena di misura deve essere sottoposta a verifica di taratura.

La strumentazione di misura deve infine garantire l'acquisizione del segnale con riferimento alle specifiche di cui al punto 6 della norma UNI 11568:2015.

Per l'elaborazione delle misure ed il calcolo dei parametri del disturbo, la norma UNI 9614:2017 suggerisce un metodo sequenziale valido per tutti i tipi di sorgente e adeguato a coprire sia fenomeni di media e breve durata, sia fenomeni impulsivi caratterizzati da un fattore di cresta molto elevato.

L'elaborazione del segnale corrispondente ad ogni singolo evento monitorato comporta i seguenti passaggi:

1. filtraggio con filtro passa banda e con filtro di ponderazione: l'accelerazione rilevata sui tre assi $a_x(t)$, $a_y(t)$ e $a_z(t)$ viene preliminarmente filtrata con un filtro passa banda ("band limiting"), con specifiche funzioni di trasferimento (§ punto 8.1.1 della norma), al fine di selezionare le frequenze significative per la risposta del corpo umano al disturbo. Successivamente si applica un filtro di ponderazione in frequenza che utilizza la curva W_m definita dalla ISO 2631-2, anch'esso con una specifica funzione di

trasferimento (§ punto 8.1.2 della norma). Al termine del procedimento di filtraggio si ottiene per il j-esimo asse, l'accelerazione ponderata $a_{wj}(t)$;

2. calcolo del valore efficace dell'accelerazione assiale ponderata: per l'intera storia temporale del segnale ponderato, viene calcolato, secondo quanto indicato dalla norma UNI EN ISO 8041-1:2017 al punto D.1, l'andamento nel tempo del valore efficace dell'accelerazione ponderata, in riferimento a ciascun asse cartesiano, e per un intervallo di integrazione T = 1 s, secondo la seguente formulazione:

$$a_{w,rms,j}(t) = \left(\frac{1}{\tau}\ x \int_{t-\tau}^{t} a_{w,j}^2(\ t\ )\ x\ \ dt\ \right)$$

3. calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace: viene eseguito per combinazione (secondo UNI ISO 2631-1:1997, punto 6.5, con $k_x=k_y=k_z=1$), istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate in precedenza secondo la seguente relazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

Le precedenti tre fasi di calcolo sono riassunte nella seguente figura.

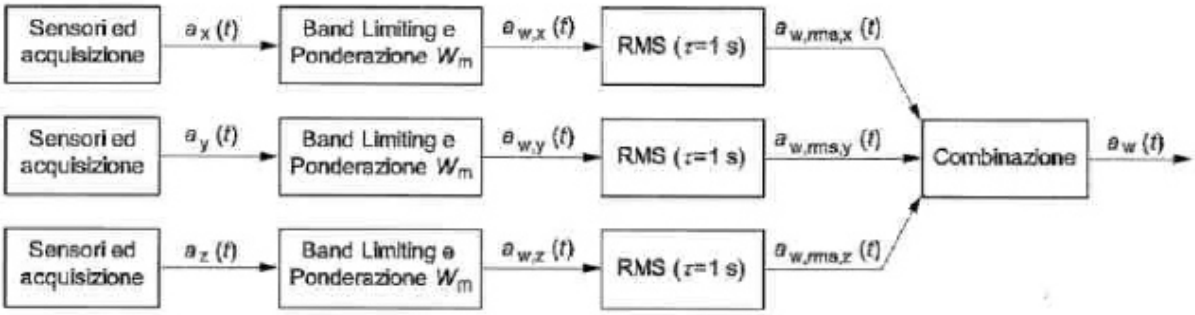


Figura 2-2 - Schema di calcolo dell'accelerazione ponderata efficace secondo la UNI 9614:2017

Dall'accelerazione ponderata efficace $a_w(t)$, si possono poi ottenere le seguenti grandezze:

a) massima accelerazione ponderata, definita come il massimo livello di accelerazione ponderata efficace all'interno del singolo evento j-esimo, ovvero:

$$a_{w,max,j} = \max\ (a_w(t))$$

b) massima accelerazione statistica $a_{w,95}$ data dalla seguente relazione:

$$a_{w,95} = \overline{a_{w,max}} + 1{,}8\ x\ \sigma$$

dove:

$\overline{a_{w,max}}$ è il valore medio della massima accelerazione ponderata calcolato come media aritmetica delle massime accelerazioni ponderate $a_{w,max,j}$ con j che rappresenta gli eventi considerati, ovvero:

$$\overline{a_{w,max}} = \frac{\sum_{j=1}^{N} a_{w,max,j}}{N}$$

s è lo scarto tipo della distribuzione delle massime accelerazioni ponderate $a_{w,max,j}$ calcolate mediante la seguente relazione:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(a_{w,max,j} - \overline{a_{w,max}}\right)^2}{N-1}}$$

Nel caso in cui non sia possibile misurare più di 5 eventi, non si ritiene attendibile $a_{w,95}$ così ottenuto, ed esso deve quindi essere stimato mediante la più elevata delle massime accelerazioni ponderate $a_{w,max,j}$ relative agli N eventi misurati.

Inoltre, è possibile determinare anche le vibrazioni associate ad una specifica sorgente ritenuta fonte di disturbo mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente, V_{sor}, da calcolare a partire dall'accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse, V_{imm}, e dall'accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue, V_{res}, secondo la seguente relazione:

$$V_{sor} = \sqrt{V_{imm}^2 + V_{res}^2}$$

Per la determinazione del vero valore del parametro $a_{w,95}$ si utilizza un procedimento di misure ripetute di vibrazioni su edifici, misure, per loro stessa natura, soggette, in generale, ad indeterminazione statistica derivante da incertezza strumentale, da quella relativa alla scelta delle postazioni di misura e da quella legata alla natura ed alle caratteristiche di variabilità del fenomeno in esame; dunque, anche $a_{w,95}$ sarà un parametro soggetto ad indeterminazione.

L'incertezza strumentale e quella legata alla scelta delle posizioni di misura sono ben caratterizzate nella UNI 9614:2017 e, per questo, sono in generale meno importanti dell'indeterminazione connessa alle specifiche caratteristiche del fenomeno vibratorio in esame. Di conseguenza le incertezze globali delle determinazioni sono influenzate principalmente dall'incertezza sulle caratteristiche del fenomeno e quindi dalla natura della sorgente, dalle modalità di generazione e di rilascio di energia vibrazionale e dalla proprietà fisico-meccaniche del mezzo entro il quale si propaga il fenomeno vibratorio, proprietà eventualmente anche variabili nel tempo.

In generale è quindi pressoché impossibile fornire indicazioni quantitative sull'incertezza del fenomeno vibratorio ed è quindi necessario valutare la dispersione dei dati mediante induzione motivata o esecuzione di misure in periodi diversi.

Ovviamente una significativa riduzione dell'indeterminazione può essere ottenuta con l'incremento del numero di eventi analizzati anche oltre le indicazioni fornite, in generale, dalla UNI 9614:2017 (punto 6.3).

Una volta determinato il parametro descrittore della vibrazione di una sorgente, V_{sor}, è possibile confrontare i suoi valori con specifici limiti di disturbo caratteristici di diversi tipi di ambienti e di diversi periodi della

giornata. Ad esempio, per ambienti ad uso abitativo, i limiti di riferimento massimi per la massima accelerazione ponderata della sorgente, V_{sor}, sono:

- periodo diurno: 7.2 mm/s^2;
- periodo notturno: 3.6 mm/s^2;
- periodo diurno di giornate festive: 5.4 mm/s^2;

Il seguente schema riepiloga i limiti di riferimento individuati dalla norma UNI 9614:2017 per particolari ambienti diversi da quello residenziale/abitativo.

- ambienti di lavoro (1) V_{sor} = 14 mm/s^2;
- ospedali, case di cura ed affini (2) V_{sor} = 2 mm/s^2;
- asili e case di riposo (3) V_{sor} = 3,6 mm/s^2;
- scuole (4) V_{sor} = 5,4 mm/s^2;

Note:

(1) limiti indicati fermi restando gli obblighi derivanti dalla protezione dei lavoratori ex D.Lgs. 81/08 e s.m.i, e riferendosi a vibrazioni immesse da sorgenti esterne e non connesse alle attività (le vibrazioni connesse alle attività produttive fanno parte della componente residua V_{res});
(2) limiti validi indipendentemente dall'orario, per degenze ordinarie, e con misure effettuate al pavimento in corrispondenza del letto dei pazienti;
(3) limiti validi anche in orario diurno, limitatamente ai periodi effettivamente utilizzati per il riposo diurno (prime ore del pomeriggio);
(4) limiti validi per il periodo di effettivo utilizzo da parte degli allievi e limitatamente alle aule didattiche.

Nel caso in cui le vibrazioni residue, V_{res}, avessero un valore maggiore del 50% di quelle immesse, V_{imm}, il disturbo prodotto dalle vibrazioni della sorgente, V_{sor}, può essere ritenuto trascurabile.

Di seguito la tabella di sintesi dei limiti previsti dalla UNI 9614:2017.

Destinazione d'uso	**Accelerazione Vettore V_{sorg} (m/s^2)**
Abitazioni (periodo notturno dalle 22:00 alle 6:00)	$3,6 \times 10^{-3}$
Abitazioni (periodo diurno dalle 6:00 alle 22:00)	$7,2 \times 10^{-3}$
Abitazioni (periodo diurno festivo dalle 6:00 alle 22:00)	$5,4 \times 10^{-3}$
Luoghi di lavoro	14×10^{-3}
Ospedali, case di cura e affini (indipendentemente dal periodo)	2×10^{-3}
Asili e case di riposo (valido anche nel periodo diurno in caso sia previsto il riposo delle persone)	$3,6 \times 10^{-3}$
Scuole (nel periodo di utilizzo degli allievi e limitatamente alle aule usate)	$5,4 \times 10^{-3}$

Tab. 2.1 - Valori limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza per la UNI 9614:2017

2.1.3 UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici"

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 e in cui viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma, la DIN 4150, parte 3.

La norma UNI 9916 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratori allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Altro scopo della norma è di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime.

La norma considera per semplicità gamme di frequenza variabili da 0.1 a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (vento, terremoti, ecc.) nonché ad eccitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio; tuttavia, le eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio. L'Appendice A della UNI 9916 contiene una guida semplificata per la classificazione degli edifici secondo la loro probabile reazione alle vibrazioni meccaniche trasmesse attraverso il terreno. Nell'ambito di questa classificazione, un sistema dinamico è costituito dal terreno e dallo strato di base (magrone) sul quale si trovano le fondazioni oltre che la struttura medesima dell'edificio.

Le strutture comprese nella classificazione riguardano:

- tutti gli edifici residenziali e gli edifici utilizzati per le attività professionali (case, uffici, ospedali, case di cura, ecc.);
- gli edifici pubblici (municipi, chiese, ecc.);
- edifici vecchi ed antichi con un valore architettonico, archeologico e storico;
- le strutture industriali più leggere spesso concepite secondo le modalità costruttive in uso per gli edifici abitativi.

La classificazione degli edifici (Prospetto III) è basata sulla loro resistenza strutturale alle vibrazioni oltre che sulla tolleranza degli effetti vibratori sugli edifici in ragione del loro valore architettonico, archeologico e storico. I fattori dai quali dipende la reazione di una struttura agli effetti delle vibrazioni sono:

- la categoria della struttura;
- le fondazioni;
- la natura del terreno.

La categoria di struttura (Prospetto II) è classificata in una scala da 1 a 8 (a numero crescente di categoria corrisponde una minore resistenza alle vibrazioni) in base ad una ripartizione in due gruppi di edifici, edifici vecchi e antichi o strutture costruite con criteri tradizionali (Gruppo 1) e edifici e strutture moderne (Gruppo 2). L'associazione della categoria viene fatta risalire alle caratteristiche tipologiche e costruttive della costruzione e al numero di piani.

Le fondazioni sono classificate in tre classi. La Classe A comprende fondazioni su pali legati in calcestruzzo armato e acciaio, platee rigide in calcestruzzo armato, pali di legno legati tra loro e muri di sostegno a gravità; la Classe B comprende pali non legati in calcestruzzo armato, fondazioni continue, pali e platee in legno; la Classe C infine comprende i muri di sostegno leggeri, le fondazioni massicce in pietra e la condizione di assenza di fondazioni, con muri appoggiati direttamente sul terreno.

Il terreno viene classificato in sei classi: rocce non fessurate o rocce molto solide, leggermente fessurate o sabbie cementate (Tipo a); terreni compattati a stratificazione orizzontale (Tipo b); terreni poco compattati a stratificazione orizzontale (Tipo c); piani inclinati, con superficie di scorrimento potenziale (Tipo d); terreni granulari, sabbie, ghiaie (senza coesione) e argille coesive sature (Tipo e) e materiale di riporto (Tipo f).

L'Appendice B della UNI 9916 contiene i criteri di accettabilità dei livelli delle vibrazioni con riferimento alla DIN 4150 e al Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 24 gennaio 1986 "Norme tecniche relative alle costruzioni in zona sismica." La parte 3 della DIN 4150 indica le velocità massime ammissibili per vibrazioni transitorie:

- sull'edificio (nel suo complesso);
- sui pavimenti: v < 20 mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione e le velocità massime ammissibili per vibrazioni stazionarie;
- sull'edificio (nel suo complesso): v < 5 mm/s in direzione orizzontale sull'ultimo piano;
- sui pavimenti: v < 10 mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione.

Per velocità massima è da intendersi la velocità massima di picco. Essa è ricavabile dalla velocità massima r.m.s. attraverso la moltiplicazione di quest'ultima con il fattore di cresta F. Tale parametro esprime il rapporto tra il valore di picco e il valore efficace. Per onde sinusoidali si assume F = 1.41; in altri casi si possono assumere valori maggiori. Nei casi più critici (ed es. esplosioni di mina) F può raggiungere il valore 6. La ISO 4866 fornisce infine una classificazione degli effetti di danno a carico delle strutture secondo tre livelli:

- Danno di soglia: formazione di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o accrescimento di fessure già esistenti sulle superfici in gesso o sulle superfici di muri a secco; inoltre, formazioni di fessure filiformi nei giunti di malta delle costruzioni in muratura di mattoni. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata, con frequenze maggiori di 4 Hz e velocità di vibrazione di 4÷50 mm/s, e per vibrazioni continue, con velocità 2÷5 mm/s.
- Danno minore: formazione di fessure più aperte, distacco e caduta di gesso o di pezzi di intonaco dai muri; formazione di fessure in murature di mattoni. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata con frequenze superiori a 4 Hz nel campo di velocità vibrazionale compreso tra 20÷100 mm/s oppure per vibrazioni continue associate a velocità di 3÷10 mm/s.
- Danno maggiore: danneggiamento di elementi strutturali; fessure nei pilastri; aperture di giunti; serie di fessure nei blocchi di muratura. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata con frequenze superiori a 4 Hz e velocità vibrazionale compresa tra 20÷200 mm/s oppure per vibrazioni continue associate a velocità di 5÷20 mm/s.

In considerazione dei valori nettamente inferiori dei limiti previsti della norma UNI 9614:2017 rispetto a quelli della norma UNI 9916:2014, si considera nella presente valutazione, che il rispetto dei limiti della norma UNI 9614:2017 implichi il conseguente rispetto anche dei limiti della norma UNI 9916:2014.

2.2 Linee Guida MASE D.D. VA n. 257 del 02/08/2024

Con **Decreto n. 257 del 02/08/2024** della Direzione Generale Valutazioni Ambientali, sono state adottare le Linee guida redatte dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS, tese a indirizzare in modo specifico le istanze relative alla particolare tipologia di opere consistenti nei Data Center assistiti da gruppi elettrogeni di emergenza con potenza superiore complessivamente a 50 MWt.

L'obiettivo posto è stato di definire i principali aspetti in ordine a progetti di Data Center soggetti a valutazione ambientale, descrivendo le metodologie applicabili e chiarendo le modalità di adempimento degli obblighi previsti dalla normativa di settore.

3 INQUADRAMENTO DELL'AREA

3.1 Inquadramento territoriale

Il sito dell'intervento è situato nella zona industriale nord-occidentale del Comune di Vimercate, nella Provincia di Monza e Brianza.

Il Comune si colloca nella parte orientale della Provincia, al confine con la Città Metropolitana di Milano, tra il fiume Adda (a ovest) e il torrente Lambro (a est), in un contesto di alta pianura. Il territorio comunale si estende per 20,72 km², a circa 25 km da Milano e 18 km da Monza, lungo uno dei principali assi di collegamento tra l'area della Brianza e l'area metropolitana milanese.

Confini comunali:

- Nord: Usmate Velate, Carnate e Bernareggio (prevalenza di aree agricole e verde con bassa densità abitativa);
- Est: Bellusco, Ornago e Sulbiate (uso agricolo e residenziale);
- Sud: Concorezzo, Agrate Brianza e Burago di Molgora (funzioni urbane, agricole e industriali);
- Ovest: Arcore (aree produttive e infrastrutturali).

Il territorio in oggetto è principalmente agricolo (seminativi semplici e risaie tipiche della Pianura Padana), con presenza moderata di insediamenti industriali, artigianali e commerciali. L'urbanizzazione residenziale è discontinua e limitata ai centri abitati.

Di seguito è riportata la localizzazione dell'area di intervento rispetto alla città di Milano:

Figura 3-1 - Area di intervento in relazione alla città di Milano

Da un punto di vista dell'uso del suolo su scala territoriale ampia, l'area oggetto dell'intervento è prevalentemente agricola, caratterizzata da "seminativi semplici" e "risaie", elementi tipici della Pianura Padana. È inoltre presente una moderata concentrazione di insediamenti industriali, artigianali e commerciali.

Per quanto riguarda l'urbanizzazione residenziale, essa è costituita da agglomerati discontinui, limitati ai centri abitati dei comuni.

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di intervento:

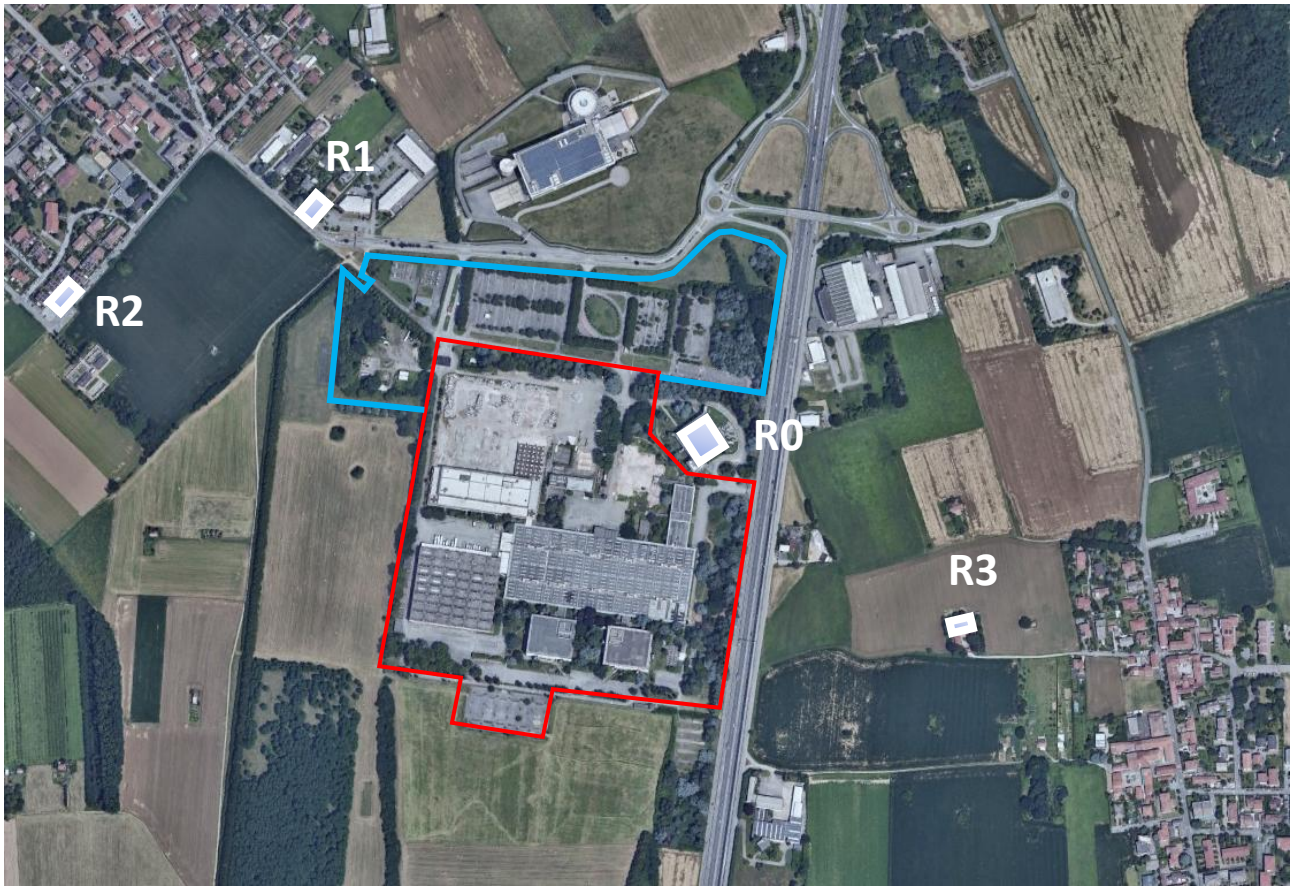


Figura 3-2 - Quadro territoriale dell'area di intervento

3.2 Individuazione dei ricettori

Nelle vicinanze dell'area oggetto di indagine sono stati individuati tre ricettori (denominati R1, R2 e R3) utilizzati come edifici residenziali e un ricettore R0 destinato a uso ufficio. Tutti i ricettori hanno due piani fuori terra, mentre il ricettore R0 si sviluppa su tre piani fuori terra; tutti sono situati nel Comune di Vimercate.

Il ricettore R0, situato a nord, confina con l'area di indagine, mentre il ricettore R1 si trova a 270 metri di distanza, il ricettore R2 a 530 metri e il ricettore R3 a 350 metri.

Di seguito è riportata la localizzazione geografica dei ricettori nell'area:

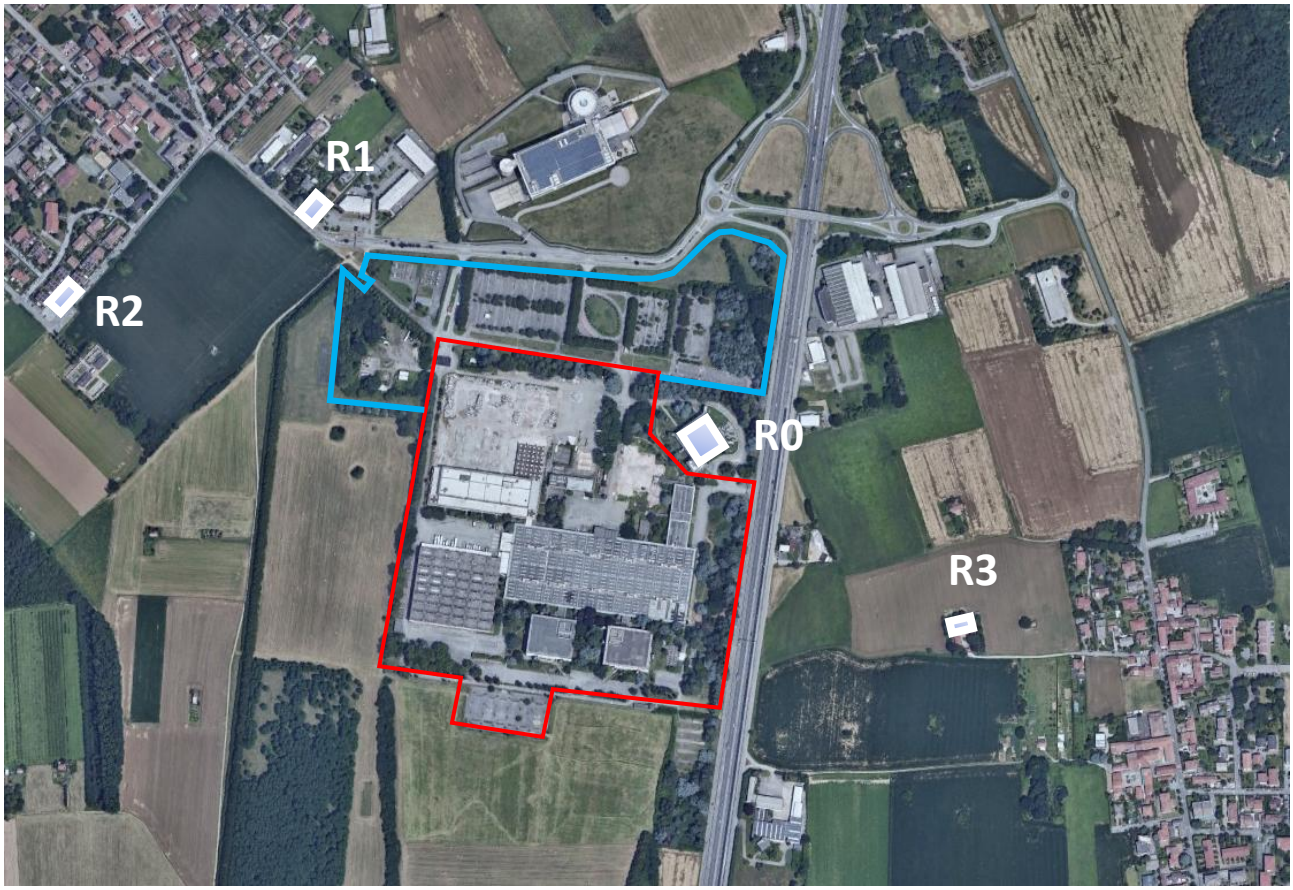


Figura 3-3 - Localizzazione dei recettori nell'area

3.3 Contesto geologico

Al fine di definire il contesto geologico per la valutazione delle vibrazioni, sia in fase di realizzazione dell'impianto sia in fase di esercizio, si riporta di seguito un estratto degli approfondimenti derivanti dallo studio geologico dell'area di intervento.

3.3.1 Inquadramento geologico di area vasta

I lineamenti di superficie del territorio relativo al sito d'interesse sono stati desunti dal "Foglio 097 della Carta Geologica d'Italia", redatto nell'ambito del progetto CARG e pubblicato da Ispra Ambiente (cfr. *Ispra: Carta Geologica d'Italia 1: 50.000*).

Le litologie affioranti fanno parte della successione continentale quaternaria, e vengono di seguito descritte in ordine cronologico:

- SISTEMA DEL PO (Unità Postglaciale) (POI) - *Pleistocene Superiore – Olocene*

  Ghiaie a supporto clastico, in prevalenti strati planari; sabbie e limi da massivi a laminati (depositi fluviali e di esondazione). Limi e argille, localmente idromorfi; alternante di livelli fini e livelli ghiaiosi (depositi

lacustri). Ghiaie e sabbie, limi con clasti sparsi (depositi di versante e colluviati). Blocchi (depositi di frana). Superficie limite superiore poco o non alterata, caratterizzata di entisuoli ed inceptisuoli.

- SINTEMA DEL CANTU' (LCN) - SUPERSISTEMA DEI LAGHI - *Pleistocene Superiore*

  Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e da sabbie ghiaiose. Copertura loessica assente. La petrografia dei clasti indica un'alimentazione da parte del bacino del Fiume Olona ed è dominata da rocce metamorfiche, quarzo, rocce ipoabissali/vulcaniche e diaspro. Il limite superiore coincide con la superficie topografica o con una superficie erosionale su cui poggiano in discordanza i depositi del Sistema del Po. Inferiormente l'unità poggia sui depositi dell'unità Minoprio.

- SISTEMA DI BINAGO (BIN) - *Pleistocene medio*

  Ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa (depositi fluvioglaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli evoluti con spessore sempre superiore a 2 m; colore della matrice 7.5YR e 10YR. Copertura loessico-colluviale semplice, sistematicamente presente.

- UNITA' DI CADORAGO (BEE) - Pleistocene Medio - Pleistocene Superior

  Ghiaie a supporto clastico o di matrice, con matrice sabbiosa; intercalazioni sabbiose; sabbie limoso argillose; limi con clasti sparsi (depositi fluvioglaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli con spessore compreso tra 1,5 e oltre 2 m. Copertura loessico-colluviale semplice localmente conservata (da Ovest delle Groane).

- SUPERSINTEMA DEL BOZZENTE INDISTINTO (BO) - *Pleistocene Medio*

  Ghiaie massive pedogenizzati (depositi fluviali). Superficie limite caratterizzata da suoli evoluti. Copertura loessico-colluviale complessa sempre presente.

Come si può osservare dall'estratto della Carta Geologica d'Italia mostrata nella figura seguente (Figura 3-4), il sito si trova nel SISTEMA DI BINAGO (BIN) con un deposito alluvionale prevalentemente ghiaioso (b).

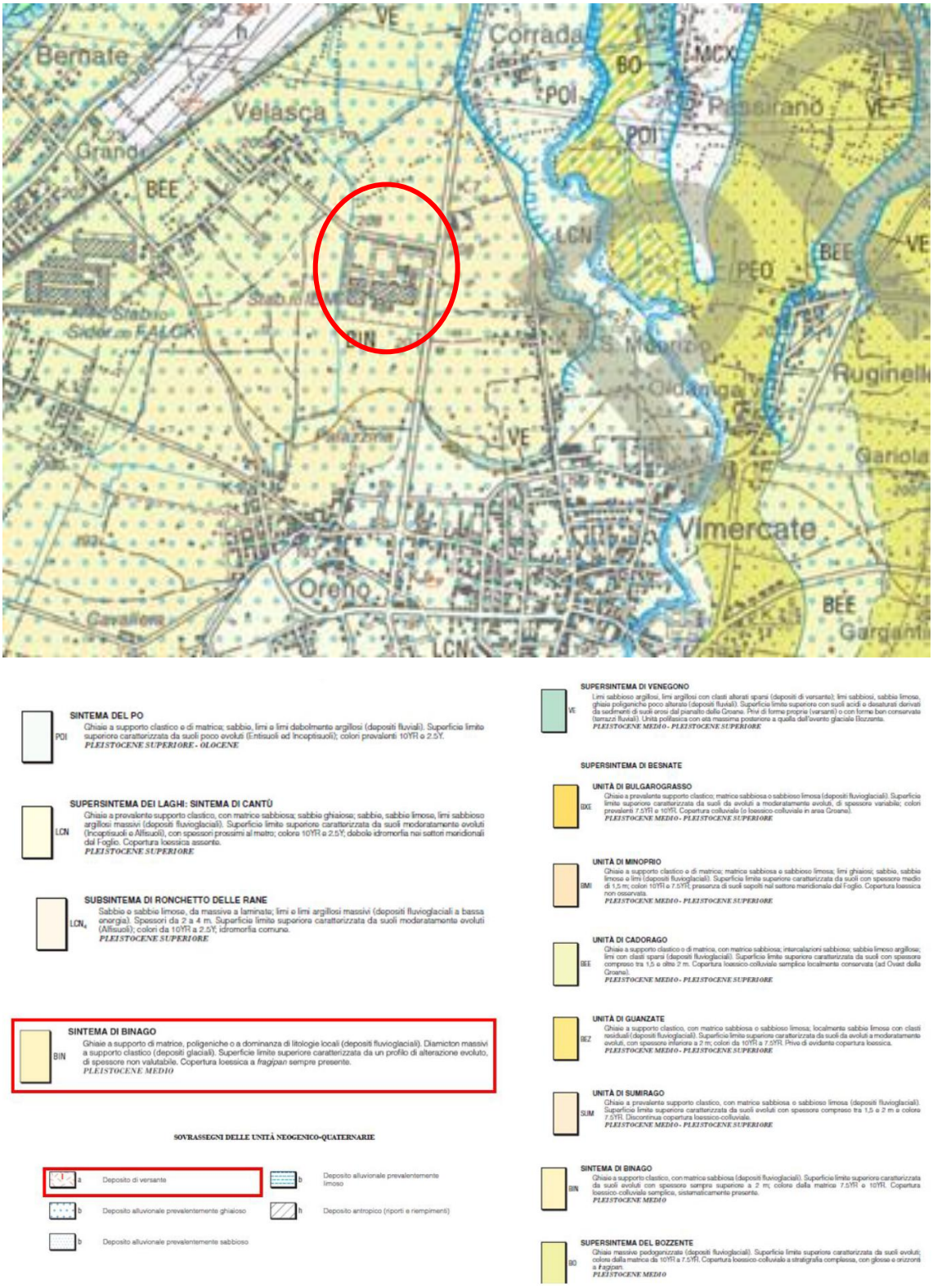


Figura 3-4 – Estratto della "Carta Geologica D'Italia" Foglio 097 Vimercate - Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca ambientale (in rosso è indicato il sito)

3.3.2 Inquadramento geologico sito specifico

Nel 2021 e nel 2024 sono state svolte delle campagne geognostiche al fine di definire le caratteristiche geologiche e geotecniche sito specifiche dell'area di studio. Questa hanno compreso prove penetrometriche dinamiche, sondaggi a carotaggio continuo, analisi sismiche superficiali attive e passive.

Sulla base dell'elaborazione dei dati derivanti da tali campagne geognostiche, è stato ricostruito il modello geologico e stratigrafico del sito.

Il sito presenta una successione stratigrafica eterogenea, tipica dei contesti sedimentari di origine fluvioglaciale. Le informazioni ottenute dai sondaggi eseguiti confermano la presenza delle seguenti principali unità litologiche:

- Unità superficiale: alternanza di sabbie limose e argillose con livelli di limo argilloso, ghiaia alterata e ciottoli, in condizioni sciolte.
- Unità intermedia: sabbie limose argillose con limo argilloso, ghiaia alterata e ciottoli in stato di addensamento medio. Sono presenti orizzonti conglomeratici, talvolta parzialmente cementati, con intercalazioni di limo sabbioso e ghiaia, localizzati a profondità variabili tra circa 6.5 m e 26.7 m dal piano campagna.
- Unità profonda: presenza di materiali riferibili al Ceppo Lombardo, riconosciuti a profondità generalmente superiori a 26.7 m, con spessore e profondità d'affioramento variabili all'interno del sito.

Si riporta nelle immagini seguenti delle sezioni stratigrafiche dell'area in esame.

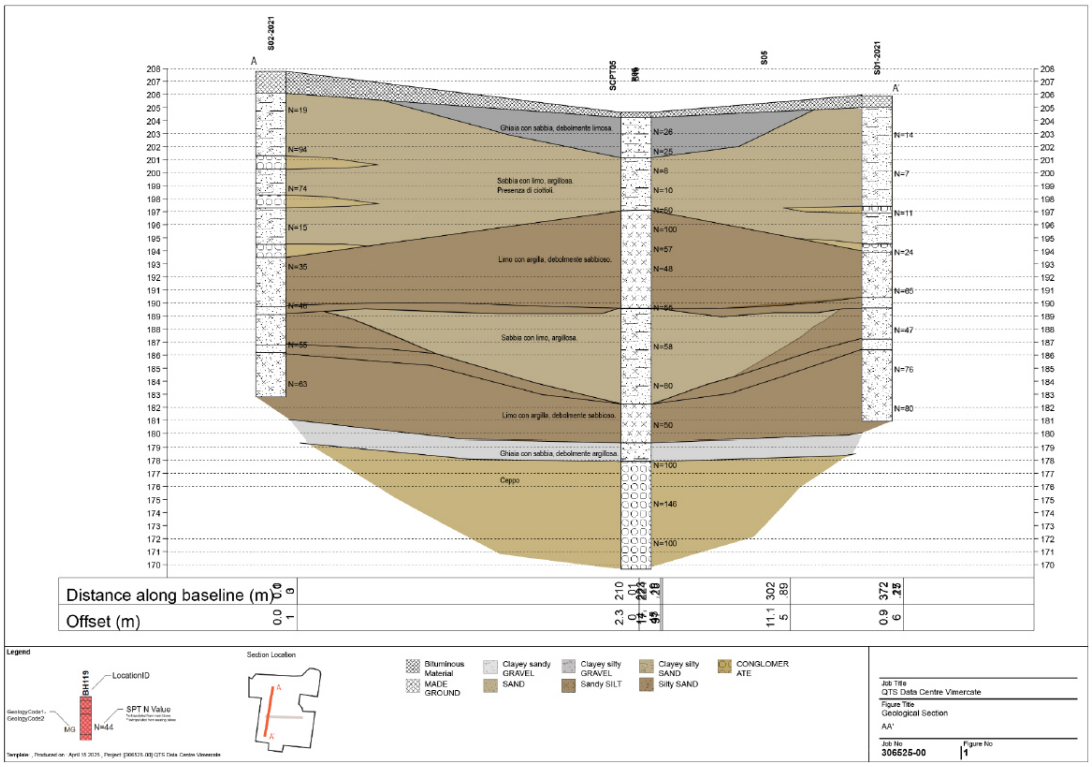


Figura 3-5 – Sezione stratigrafica A-A'

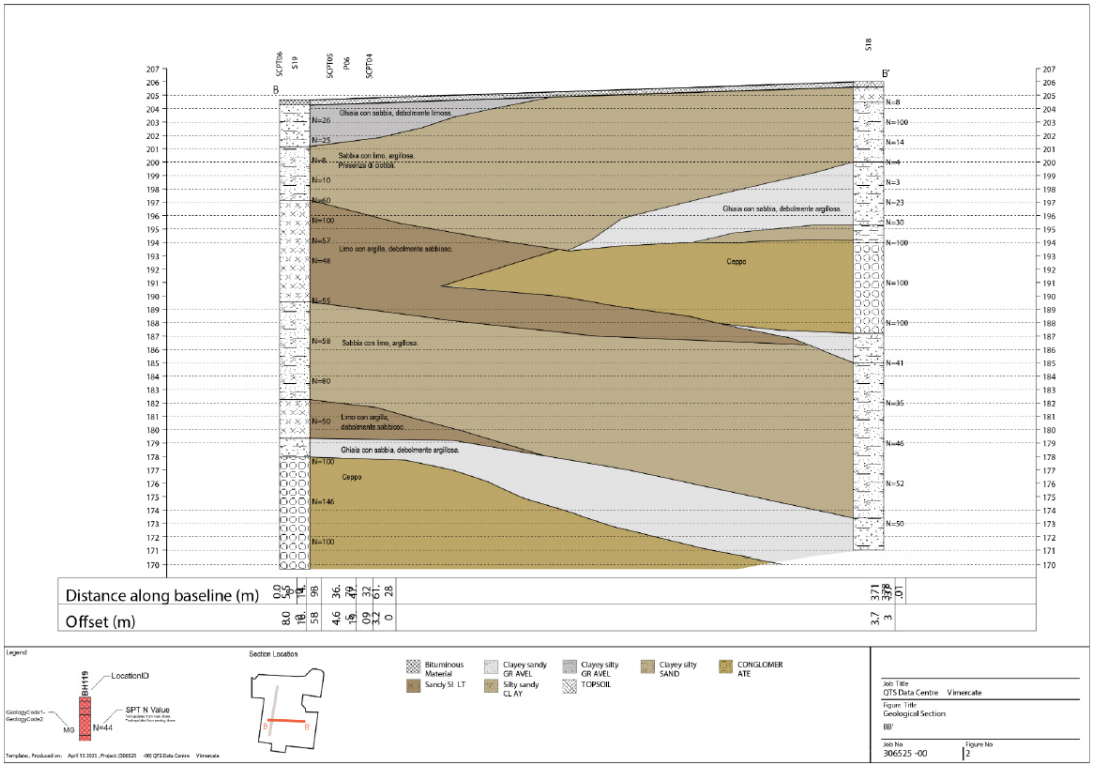


Figura 3-6 – Sezione stratigrafica B-B'

Per ulteriori approfondimenti relativi al contesto geologico e geotecnico dell'area si rimanda agli elaborati specialistici redatti a supporto del presente progetto.

3.3.3 Caratterizzazione del terreno ai fini della modellazione vibrazionale

Per la valutazione previsionale in fase di esercizio, considerando l'area di intervento e la classificazione dei litotipi presenti, è possibile considerare tale terreno paragonabile al terreno analizzato per la caratterizzazione delle emissioni delle vibrazioni: di conseguenza la risposta per lo studio vibrazionale si può considerare omogenea con l'area di indagine.

Per la valutazione previsionale per la fase di cantiere, le aree di cantiere in cui saranno realizzate le opere civili, sul quale saranno attive le lavorazioni del fronte di avanzamento dei lavori come cantieri mobili, le aree dei cantiere fissi, ai lati delle aree di lavoro e zone circostanti in cui saranno presenti le attività relative a lavorazioni propedeutiche a successive fasi di lavoro ed i ricettori individuati nell'ambito di studio, sono identificabili in un terreno classificabile in relazione al grado di consistenza assegnato, a seguito dell'osservazione delle carte geologiche e litologiche, nella categoria di terreno mediamente consistente di tipo consolidato.

Per ulteriori approfondimenti in merito al contesto geologico dell'area si rimanda alla Relazione geologica e geotecnica di riferimento.

In sintesi, sulla base dell'inquadramento geologico di area vasta e delle indagini di sito, l'area di intervento è impostata su depositi fluvioglaciali pleistocenici a prevalente componente ghiaioso-sabbiosa, con coperture superficiali a matrice più fine e presenza, in profondità, di livelli più addensati e localmente cementati riconducibili al substrato conglomeratico. L'assetto stratigrafico risulta pertanto eterogeneo ma riconducibile, nel complesso, a un contesto granulare tipico dei sistemi fluvioglaciali dell'area.

Ai fini della valutazione previsionale in fase di esercizio, considerando l'area di intervento e le caratteristiche litostratigrafiche, il terreno può essere ritenuto assimilabile, in termini di risposta dinamica, a quello analizzato per la caratterizzazione delle emissioni vibrazionali. Ne consegue che la risposta del mezzo nella modellazione vibrazionale può essere considerata sostanzialmente omogenea nell'area di indagine.

Per la valutazione previsionale in fase di cantiere, le aree interessate dalle opere civili, comprensive delle aree di cantiere fisso, delle zone laterali, delle aree limitrofe coinvolte in lavorazioni propedeutiche e dei ricettori individuati nello studio, risultano impostate su terreni a granulometria prevalentemente sabbioso-ghiaiosa, con presenza locale di livelli conglomeratici. Nel loro complesso, tali terreni presentano caratteristiche meccaniche riconducibili a un comportamento sostanzialmente omogeneo e possono essere classificati come mediamente consistenti, con risposta assimilabile a depositi granulari addensati e parzialmente consolidati.

In termini modellistici, il terreno viene pertanto ricondotto a una tipologia mediamente consistente di tipo consolidato (Classe II con $\rho < 1{,}5\times10^{-4}$; categoria C con $c = 300$ m/s; $\eta = 0{,}04$), parametri assunti nella presente valutazione ai fini della simulazione della propagazione delle vibrazioni.

Al fine della valutazione del valore del vettore di vibrazione residuo, si è fatto riferimento ai risultati della campagna di misure effettuata in campo. Tra i valori rilevati presso le stazioni di misura individuate, ai fini della presente valutazione è stato assunto il valore minimo del vettore di vibrazione residuo, pari a **0,2 mm/s²**, ritenuto rappresentativo in senso cautelativo delle condizioni di fondo dell'area di studio. I dettagli relativi alla campagna di misura e ai risultati ottenuti sono riportati nel capitolo seguente.

4 VALUTAZIONE DEL CLIMA VIBRAZIONALE ATTUALE

Al fine di determinare il livello di vibrazioni residuo presente nell'area oggetto di studio, nel mese di febbraio 2026 la società Ambiente S.r.l. ha condotto una campagna di misurazioni. In particolare, sono stati effettuati due rilevamenti della durata di 24 ore: il primo presso il ricettore R0, individuando la stazione di misura C0, e il secondo presso la stazione di misura R1, collocata nell'edificio più prossimo all'area di intervento tra quelli appartenenti al gruppo di edifici residenziali presenti nell'intorno. Sebbene tale punto di misura sia situato presso un edificio a destinazione commerciale, esso è stato assunto come rappresentativo ai fini della caratterizzazione degli edifici residenziali prossimi all'area di intervento, in quanto il più vicino tra quelli appartenenti al medesimo comparto edilizio.

4.1 Monitoraggio vibrazionale

Le indagini vibrazionali hanno permesso la definizione dell'attuale stato vibrazionale presso i ricettori individuati e ritenuti rappresentati per il contesto territoriale in cui si colloca il progetto.

Le principali sorgenti di vibrazioni diffuse presenti nell'ambito di studio che è possibile identificare sono le viabilità a servizio della attività produttive attuali e le attività stesse.

Le attività lavorative presenti sono comparti produttivi legati all'industria e servizi. Si segnala presenza di attività agricola per la coltivazione.

In particolare, si segnala la presenza di:

- autostrada A51 tangenziale Est di Milano, tratto nei pressi dello svincolo Vimercate Nord / Velasca;
- viabilità stradale locale (Via John Fitzgerald Kennedy e minori).

I dettagli della campagna sono riportati di seguito:

Tabella 4-1 - Dettaglio dei rilievi effettuati durante la campagna di misurazione del Febbraio 2026

Misura	Tipologia	Data	Ora Inizio	Ubicazione	Note
R1	24h	19/02/2026	12:26	Interno al ricettore R1	caratterizzata dal traffico veicolare su Tangenziale Est Milano
C0	24h	25/02/2026	12:22	Interno al ricettore R0	caratterizzata dal traffico veicolare su Tangenziale Est Milano

I risultati della campagna di misura sono riportati di seguito, sia in forma tabellare che grafica (storia temporale delle misure vibrometriche).

Tabella 4-2 - Risultati monitoraggio vibrometrico presso ricettore R1

Misura	Data	Periodo	Vres mm/s²	Vsorg mm/s²
R1	19/02/2025	Diurno	0,2	0,4
		Notturno	0,2	0,4

Tabella 4-3 - Risultati monitoraggio vibrometrico presso ricettore C0

Misura	Data	Periodo	Vres mm/s²	Vsorg mm/s²
C0	25/02/2026	Diurno	0,3	3,8
		Notturno	0,3	0,6

L'ubicazione del punto di misurazione è illustrata nelle seguenti ortofoto e foto:

Figura 4-1 - Localizzazione dei recettori nell'area e postazioni di misura

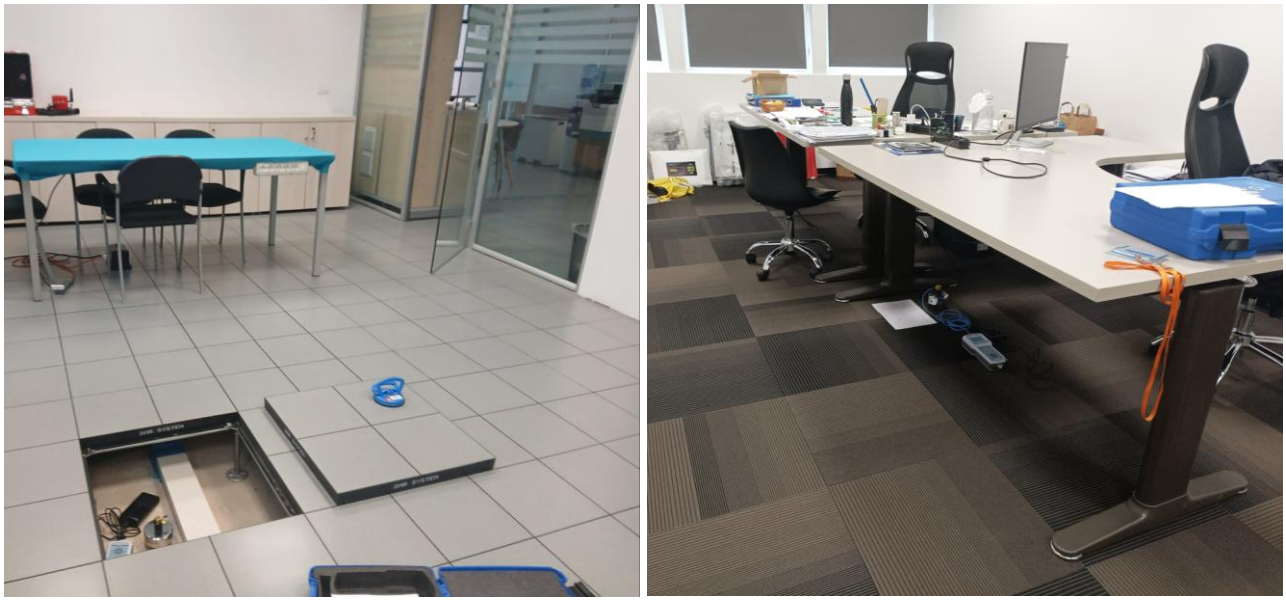


Figura 4-2 - Foto delle posizioni dei punti di misurazione R1 (a sinistra) e C0 (a destra)

4.2 Confronto con i limiti

Di seguito, i livelli di vibrazione rilevati dalle misure vibrometriche sono confrontati con i limiti previsti dalla norma UNI 9614:2017 in base alla destinazione d'uso dei ricettori.

Tabella 4-4 - Confronto con il limite diurno

Posizione	Periodo	Destinazione d'uso	Limite Diurno (6am-10pm)	Vsorg Livello misurato	Valutazione
R1	Diurno	Residenziale (*)	**7,2 mm/s²** (*)	**0,4 mm/s²**	**Entro il limite**
C0	Diurno	Ufficio	**14 mm/s²**	**3,8 mm/s²**	**Entro il limite**

Tabella 4-5 - Confronto con il limite notturno

Posizione	Periodo	Destinazione d'uso	Limite Notturno (22pm-6am)	Vsorg Livello misurato	Valutazione
R1	Notturno	Residenziale (*)	**3,6 mm/s²** (*)	**0,4 mm/s²**	**Entro il limite**
C0	Notturno	Ufficio	**14 mm/s²**	**0,6 mm/s²**	**Entro il limite**

(*) La misura è stata effettuata in un edificio a uso commerciale/servizi, ma i valori sono confrontati con i limiti diurni e notturni previsti per edifici residenziali dalla UNI 9614:2017, poiché l'indagine ha lo scopo di caratterizzare il complesso di edifici residenziali dell'area.

4.3 Valutazione dello stato attuale delle vibrazioni

Per la valutazione dello stato attuale delle vibrazioni sono stati analizzati i livelli rilevati presso i ricettori presenti nell'area di studio. Il ricettore R0 è situato in prossimità dell'autostrada A51 – Tangenziale Est di Milano, mentre il ricettore R1 si trova a maggiore distanza dalla stessa infrastruttura.

Dall'analisi dei valori rilevati in campo emerge che il Vsorg diurno registrato presso la misura C0, all'interno dell'edificio ricettore R0, può essere verosimilmente attribuito alla normale fruizione dei locali da parte del personale tecnico durante le ore diurne. I dati notturni, che ritornano su livelli più rappresentativi delle condizioni di fondo, confermano l'assenza di contributi di origine antropica significativi.

Nel complesso, i valori rilevati risultano coerenti con la posizione dei ricettori rispetto alle principali sorgenti vibrazionali e rispettano i valori limite di riferimento indicati dalla normativa UNI 9614:2017 sia nel periodo diurno sia nel periodo notturno, confermando uno stato di esposizione compatibile con le condizioni ambientali dell'area.

5 STUDIO DI IMPATTO VIBRAZIONALE – MODELLO PREVISIONALE

5.1 Definizione del disturbo vibrazionale

La caratterizzazione del disturbo vibrazionale è effettuata in termini di definizione del Vettore Sorgente (Vsorg espresso in mm/s^2) ossia del vettore accelerazione relativo alla sorgente in valutazione per determinare la percezione umana e della velocità (in mm/s) per valutare gli effetti delle vibrazioni sugli edifici. È possibile convertire i valori di accelerazione "a" nel corrispondente valore di velocità "v", nota la frequenza "f", tramite la relazione:

$$v = \frac{a}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

Convenzionalmente, in analogia con le analisi del rumore, sia i valori di velocità che quelli di accelerazione è possibile valutati sulla scala dei dB, tramite le relazioni:

$$L_{acc} = 20 \cdot \lg\left[\frac{a}{a_0}\right] \qquad L_{vel} = 20 \cdot \lg\left[\frac{v}{v_0}\right]$$

in cui compaiono i valori di riferimento a_0 = 0.001 mm/s^2 e v_0 = 1·10^{-6} mm/s.

5.2 Metodologia per la valutazione dei livelli vibrazionali indotti dal cantiere

Il fenomeno con cui un prefissato livello di vibrazioni imposto sul terreno si propaga nelle aree circostanti è correlato alla natura del terreno, alla frequenza del segnale e alla distanza fra il punto di eccitazione e quello di valutazione dell'effetto. Il metodo previsionale dei livelli di vibrazione ha impiegato simulazioni numeriche.

In dettaglio si illustrano i passi seguiti nell'elaborazione. La valutazione dei livelli vibrazionali è stata condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei fenomeni considerati (attività dei mezzi di cantiere e per il trasporto dei materiali nonché impianti fissi), utilizzando sia dati bibliografici che rilievi strumentali. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza nota dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla componente verticale. In particolare, si assume nello studio che la componete vettoriale che origina il Vettore Immissione e conseguentemente il Vettore Sorgente, sia la componente verticale.

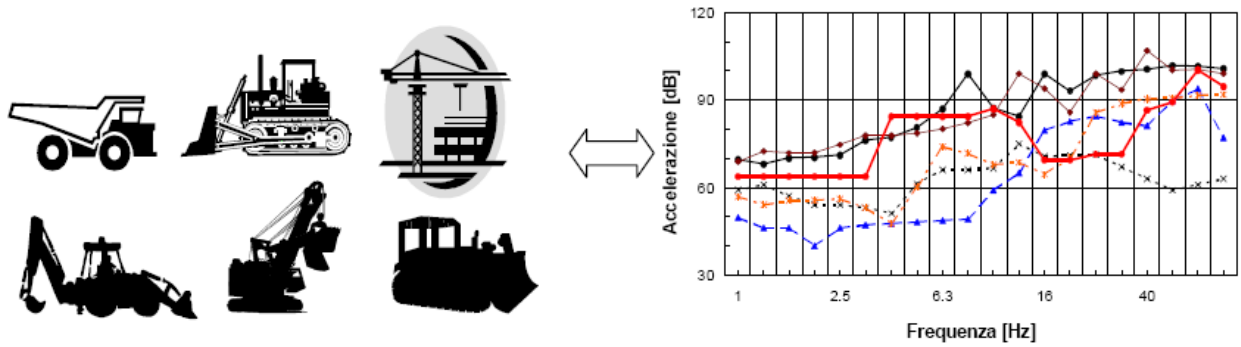


Figura 5-1 – Relazione tra mezzi d'opera e spettro di emissione di vibrazioni

Dagli spettri delle sorgenti si determina il livello di accelerazione non ponderato a distanze crescenti dalla sorgente mediante una legge di propagazione. Nel caso di sorgenti superficiali, ad esempio, si precisa che l'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d,f)=a(d_0,f)\cdot\left(\frac{d_0}{d}\right)^n\cdot e^{-2\pi\cdot f(\eta/c)\cdot(d-d_0)}$$

I livelli complessivi di accelerazione non pesati a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine previste. Come legge di combinazione degli spettri è stata adottata la regola SRSS (Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares) che consiste nell'eseguire la radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine. Per ciascuna frequenza si è quindi ottenuto quindi un valore complessivo non pesato di tutte le macchine attive ($A_{TOT,f}$) sotto forma di matrice.

$$A_{TOT,f}=\sqrt{A_1(f,d)^2+A_2(f,d)^2+\ldots+A_N(f,d)^2} \quad \text{(SRSS)}$$

Relativamente ad ogni scenario modellizzato, si è applicato alla matrice citata la curva di attenuazione definita per postura non nota (o asse generico) dalla UNI 9614.

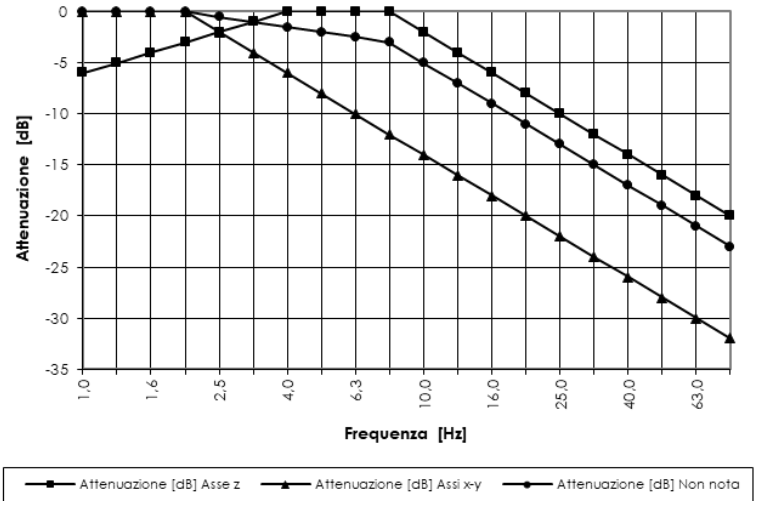


Figura 5-2 – Filtri di ponderazione per i diversi assi di riferimento

Si è quindi ottenuta la matrice dei livelli ponderati di accelerazione complessiva per singola frequenza e distanza, con cui è stato possibile realizzare specifici grafici di propagazione dello spetto della somma delle sorgenti analizzate.

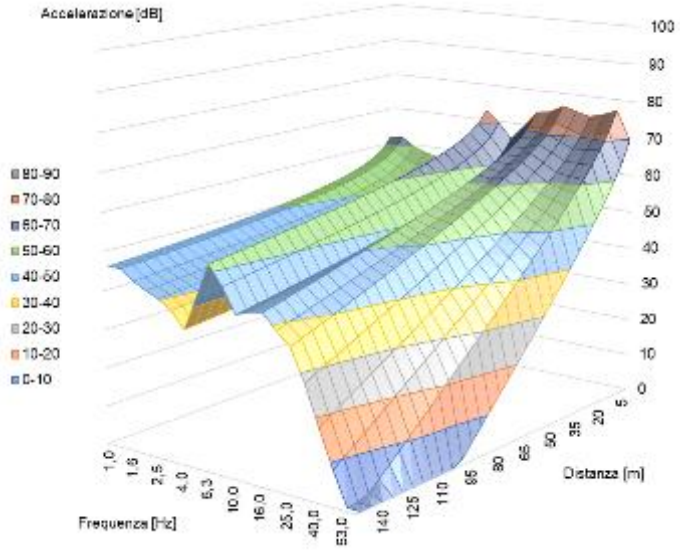


Figura 5-3 – Propagazione dello spettro di vibrazione

Il livello totale di accelerazione ponderata in funzione della distanza, $a_{w,d}$, è ottenuto sommando tutti i corrispondenti valori per frequenza $A_{TOT,f}$. Il numero ottenuto è rappresentativo dell'accelerazione complessiva ponderata sul vettore di riferimento, il quale individua il Vettore Immissione ad una determinata distanza. Ripetendo questa operazione per una griglia di distanze si è ottenuto il profilo di attenuazione dell'accelerazione ponderata e complessiva di tutti i Vettori di Immissione. Per la definizione del Vettore Sorgente sarà necessario stabilire il Vettore Residuo. In particolare, se il Vettore Residuo è molto basso il Vettore Immissione sarà molto prossimo, se non coincidente al Vettore Sorgente. Nella valutazione si procederà ad una valutazione del Vettore Residuo o tramite indagini sperimentali o in base a dati noti di letteratura basati sulla fruizione dei luoghi relativamente alla destinazione d'uso.

Al fine della definizione della funzione di trasferimento delle vibrazioni si procederà alla regressione dei valori ottenuti dall'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza, valutandone la bontà tramite il coefficiente di determinazione R^2. Il coefficiente R^2 (R quadro), o coefficiente di determinazione, è un indice statistico che permette di valutare se un modello di regressione può essere affidabile ossia misura il legame tra la variabilità dei dati e la correttezza del modello statistico utilizzato. R^2 prossimo a 0 indica un modello le cui variabili predittive non spiegano la variabilità della y intorno alla sua media, mentre un R^2 prossimo a 1 indica un modello le cui variabili indipendenti riescono a predire completamente la variabilità della y intorno alla sua media.

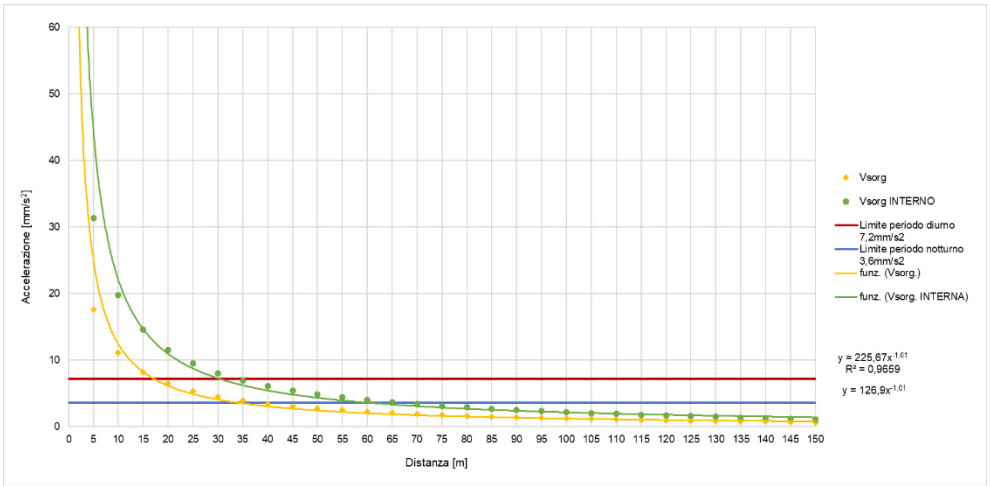


Figura 5-4 – Valutazione della propagazione del livello di vibrazioni (Vettore Sorgente) a diverse distanze

Ai fini del confronto con i livelli di riferimento della norma UNI 9614:2017 si procederà al confronto con il Vettore Sorgente determinato, in funzione dell'ubicazione del ricettore e della destinazione d'uso.

5.3 Modello di calcolo

Al fine dell'esecuzione del calcolo della propagazione delle vibrazioni saranno presi in considerazione due posizioni che possono assume le sorgenti: sarà identificato il caso in cui le sorgenti sono in superficie (sorgenti superficiali) ed in profondità (sorgenti profonde).

5.3.1 Sorgenti superficiali

Parlando della trasmissione di vibrazioni nel terreno, è necessario distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale: onde di compressione (onda P), onde di taglio (onda S) e onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L), le quali hanno velocità di propagazione differente in funzione del modulo di Poisson del terreno.

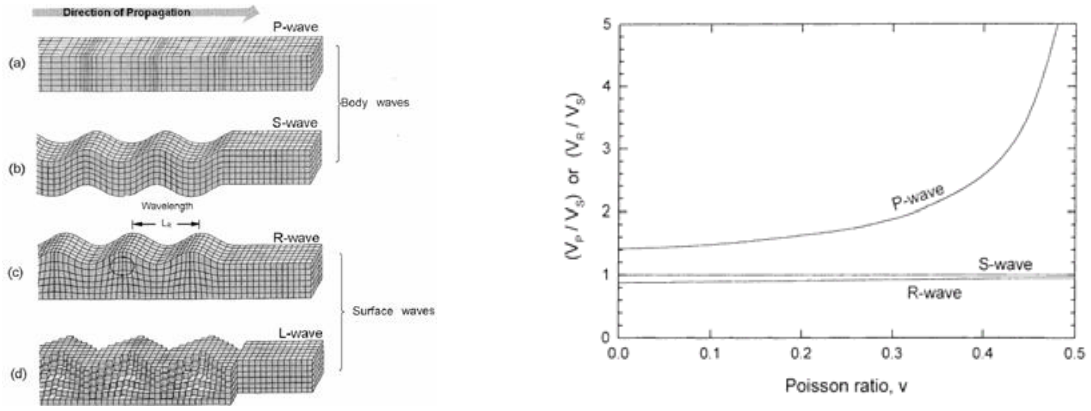


Figura 5-5 – Tipi di onda di volume e di superficie (a sinistra) e velocità relativa delle onde P, R rispetto onde S (a destra)

L'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d, per tutti tre i tipi di onde considerati (P, S, R), è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d,f)=a(d_0,f)\cdot\left(\frac{d_0}{d}\right)^n\cdot e^{-2\pi\cdot f(\eta/c)\cdot(d-d_0)}$$

dove η è il fattore di perdita del terreno, c la velocità di propagazione in m/s, f la frequenza in Hz, d la distanza in m, e d_0 la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione, assunta pari a 5m. L'esponente n varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni. Ai fini dell'analisi dei livelli massimi, si è preceduto prendendo a riferimento una sorgente concentrata, fissando l'esponente n a 0.5 per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie) e 1 per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda). Risulta pertanto evidente come la propagazione a partire da una sorgente posta in profondità sia dotata, anche nel caso di terreno omogeneo, di molta più rapida attenuazione al crescere della distanza dalla sorgente.

Tabella 5-1 - Definizione dell'esponente n in base al tipo di sorgente e onda

Tipo di sorgente	Onda	Strato	n
Linea	Superfice	Superfice	0
	Volume	Superfice	1.0
Punto	Rayleight	Superfice	0.5
	Volume	Superfice	2.0
Linea Sotterranea	Volume	Profondo	0.5
Punto Sotterraneo	Volume	Profondo	1.0

Il termine esponenziale rappresenta i fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore, che, come si vede, va crescendo proporzionatamente alla frequenza. Ciò fa sì che le alte frequenze si estinguano dopo un breve percorso, mentre le frequenze più basse si propagano a distanze maggiori.

Il rapporto η/c (indicato anche come ρ) dipende, infine, dal particolare tipo di terreno considerato, ed assume valori elevati nel caso di terreno coltivato soffice, mentre assume valori molto modesti nel caso di pavimentazioni rigide.

Tabella 5-2 - Coefficiente di attenuazione

Classe	Descrizione del materiale	Coefficiente di attenuazione	ρ
I	Cedevole o tenero (terreno che può essere scavato facilmente)	0.003-0.01	$2x10^{-4}$ – $6x10^{-4}$
II	Consolidato (terreno che può essere scavato utilizzando una pala)	0.001-0.003	$6x10^{-5}$ – $2x10^{-4}$

Classe	Descrizione del materiale	Coefficiente di attenuazione	ρ
III	Duro (terreno che non può essere scavato con una pala ma necessità di un piccone)	0.0001-0.001	$6x10^{-6}$ - $6x10^{-5}$
IV	Duro consolidato (terreno che scavato difficilmente utilizzando un martello)	<0.0001	$<6x10^{-6}$

Il modello semplificato di propagazione illustrato considera i soli fenomeni previsti in un terreno supposto omogeneo ed isotropo, nel caso si abbia propagazione in presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione, è evidente che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno risultino "filtrati" dalla funzione di trasferimento del sistema struttura edilizia.

In particolare, diversi sistemi di fondazione producono una attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante; tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia terreno-struttura non è perfettamente solidale, e pertanto genera fenomeni dissipativi o di amplificazione.

5.3.2 Sorgenti in profondità

Nel caso dell'attività di cantiere ove intervenga necessità di realizzazioni di opere in profondità (palificazione, ecc.), la valutazione della legge di propagazione delle vibrazioni con la distanza è più complessa, in quanto non si ha più la semplice legge di propagazione delle onde superficiali, ma si ha a che fare con una sorgente posta in profondità, che dà luogo alla propagazione di onde di volume. Si consideri ora lo schema di emissione illustrato nella seguente figura:

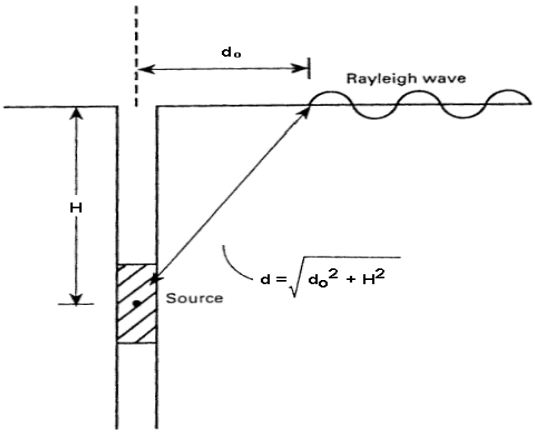


Figura 5-6 – Schema della propagazione a partire da una sorgente profonda

Si può notare che, rispetto all'emissione di onde di superficie da parte di una sorgente concentrata posta sulla sommità del suolo, al recettore arrivano onde che hanno compiuto un percorso più lungo, e che si sono maggiormente attenuate lungo tale percorso a causa della legge di divergenza volumetrica anziché superficiale.

Considerando che l'epicentro di emissione si collochi circa ad 1/2 della lunghezza dell'elemento infisso, ovvero, per un palo di 9 m, a circa 5 m di profondità, si ha la seguente espressione relativa alla propagazione delle vibrazioni con cui è possibile calcolare il livello di accelerazione sulla superficie del suolo in funzione della distanza d0 (misurata in orizzontale, sulla superficie) fra l'asse del palo ed il recettore.

$$a(d_0, f) = a(d_0, f) \cdot \left[\frac{d_0}{\sqrt{D^2 + H^2}} \cdot e^{-2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{\eta}{c} \cdot \left(\sqrt{D^2 + H^2} - d_0 \right)} \right]$$

Il calcolo verrà eseguito assumendo che:

- il recettore si trovi ad una profondità di 3 m sotto il piano di campagna, poiché questa è la quota a cui si trovano in media le basi delle fondazioni degli edifici;
- rispetto a tale posizione, poiché l'epicentro di emissione è posto a 5 m di profondità, H assume un valore pari a 2 m;
- la distanza D a cui si è rilevato strumentalmente lo spettro di vibrazioni dovuto alla lavorazione in profondità è 5 m.

5.3.3 Sintesi delle ipotesi assunte

Il calcolo dei livelli vibrazionali ai ricettori, in condizioni di campo libero, risultanti dalle configurazioni dei macchinari da cantiere previsti negli scenari analizzati è stato condotto considerando una legge di attenuazione stabilita sulla base delle seguenti assunzioni:

- le macchine da cantiere sono assunte come sorgenti puntuali;
- l'attenuazione dissipativa del mezzo è stata calcolata secondo un approccio teorico semplificato basato sull'ipotesi di mezzo debolmente dissipativo e campo vibratorio costituito in prevalenza da onde di superficie del tipo di Rayleight;
- nella valutazione sarà considerato il territorio con una tipologia di terreno mediamente consistente di tipo consolidato (Classe II, con ρ<1,5x10^{-4}; categoria C con c=380m/s; η=0,04);
- l'attenuazione geometrica afferente alla sorgente puntuale che lavora in superficie (escavatore, autocarro, pala, autocarro, ecc.) è stata assunta proporzionale a r-1, mentre quella che opera in profondità è stata considerata con una legge di attenuazione proporzionale a r-0.5;
- l'epicentro di emissione, nel caso di sorgenti profonde, si collochi circa ad 1/2 della lunghezza dell'elemento infisso nel terreno;
- i livelli vibrazionali a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine di cantiere, mediante radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine.

6 VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO VIBRAZIONALE – FASE DI CANTIERE

6.1 Introduzione

La valutazione delle vibrazioni ha lo scopo di stimare gli effetti sull'ambiente circostante delle vibrazioni emesse dai macchinari di cantiere impiegati per la realizzazione dell'opera in progetto.

In dettaglio si procederà analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative che saranno sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici (escavatore, sonda perforatrice, ecc.) ed in mezzi adibiti al trasporto (autocarri, autobetoniera, ecc.). Verrà descritto il metodo adottato per la previsione dei livelli vibrazionali indotti durante realizzazione delle opere e tali livelli saranno confrontati con i limiti della normativa in materia per ciò che riguarda l'effetto delle vibrazioni sulle persone e strutture.

Lo studio vibrazionale per la fase di cantiere è volto, in particolare, all'accertamento del disturbo alle persone, il quale ha limiti più restrittivi rispetto a quelli determinati sulle strutture. Pertanto, qualora si verifichi dall'esame della previsione di propagazione delle vibrazioni la presenza di edifici nelle più zone più critiche, tale elemento non costituisce un fattore per la stima di un possibile danno alle strutture, evidenziando unicamente il superamento di una soglia di disturbo per i residenti dell'edificio stesso. Tale soglia, pur ricavata dalle normative tecniche esistenti in sede nazionale ed internazionale, non risulta fissata da alcun atto legislativo.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, sono stati osservati danni strutturali a edifici e/o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614. Tale considerazione è facilmente deducibile dal confronto dei valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (ISO 2631 e UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916 ed ISO 4866), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento, poiché riportano dei valori limite più restrittivi.

In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici, almeno per quanto concerne le abitazioni civili. Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singolari con studi e valutazioni mirate.

Per lo studio dell'impatto vibrazionale si è proceduto con le operazioni seguenti:

- analisi del territorio in cui si colloca l'opera e delle caratteristiche dei ricettori;
- definizione degli scenari critici in termini di impatto vibrazionale;
- valutazione delle vibrazioni previste sui ricettori prossimi.

6.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Con riferimento alle vigenti normative, le attività di cantiere possono essere definite come sorgenti di vibrazione intermittente. Un ricettore adiacente all'area di cantiere è infatti soggetto ad una serie di eventi

di breve durata, separati da intervalli in cui la vibrazione ha una ampiezza significativamente più bassa. In relazione alle attività lavorative di cantiere previste per la realizzazione dell'opera in esame, sono stati individuati scenari di cantiere critici per il potenziale impatto in termini di vibrazioni sull'ambiente circostante.

In particolare, le emissioni vibrazionali durante le lavorazioni possono essere legate agli impianti fissi/semifissi nei diversi cantieri stabili, e discontinue, dovute alle lavorazioni nelle aree di cantiere e nei fronti di avanzamento.

Si rammenta come l'impatto vibrazionale nelle simulazioni numeriche sarà valutato secondo al UNI 9614:2017 con il confronto con i valori di riferimento per il disturbo alle persone.

6.2.1 Definizione degli scenari di lavoro

Analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative, si conviene come esse siano sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici ed in mezzi adibiti al trasporto, le prime hanno una distribuzione spaziale abbastanza prevedibile e delimitata all'interno dell'area di lavoro e movimentazione terre mentre, i secondi si distribuiscono lungo il percorso che collega il fronte di avanzamento lavori ai luoghi di approvvigionamento o di stoccaggio.

Gli scenari in esame sono stati definiti avendo come prima finalità quella di fornire risultati sufficientemente cautelativi sotto l'aspetto vibrazionale. Si sottolinea tuttavia come le situazioni esaminate non possano comunque rappresentare tutti i macchinari potenzialmente presenti in contemporanea all'interno dell'area di cantiere. La valutazione dei livelli vibrazionali è stata quindi condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere sopra citati utilizzando dati bibliografici o rilevati. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla componente verticale, la quale sarà assunta come componete principale del vettore di propagazione delle vibrazioni (vettore immissione).

In generale, nelle aree di cantiere ove sono presenti gli impianti fissi (p.es lavorazioni di dettaglio su eventuali opere civili, ecc.) le emissioni di vibrazioni risultano usualmente più contenute rispetto a quelle presenti sul cantiere in linea poiché la natura stessa delle lavorazioni determina minori sollecitazioni meccaniche sul terreno e, di conseguenza, minore trasmissione di energia meccanica verso i potenziali ricettori.

Il calcolo del livello di vibrazione in condizioni di campo libero sarà definito nell'intorno del cantiere con una risoluzione di circa 5 m nelle direzioni orizzontali (piano di campagna), ottenendo il grafico della propagazione delle vibrazioni in funzione della distanza.

La metodologia assunta per l'analisi delle interferenze riferita alla fase di cantierizzazione si basa sulla teoria del "*Worst Case*" Scenario. Tale metodo individua la condizione operativa di cantiere più gravosa in termini di emissioni di vibrazioni sul territorio in modo che verificandone le condizioni di esposizione del territorio alle vibrazioni indotte rispetto ai limiti della UNI 9614:2017 possano essere individuate le eventuali soluzioni

di mitigazione più opportune al fine di contenere il disturbo sui ricettori più esposti. L'analisi tiene conto dell'insieme delle diverse attività di cantiere in funzione della localizzazione delle diverse aree di lavoro.

In virtù della particolare configurazione operativa del cantiere, la valutazione è stata effettuata assumendo la massima sovrapposizione delle lavorazioni previste, al fine di rappresentare cautelativamente la configurazione operativa.

Nello specifico saranno valutati n.2 scenari, relativi ai momenti di massimo potenziale disturbo ai ricettori ubicati in prossimità del sito:

- Scenario 01: scavo, movimentazione terre, costruzione cavidotto;
- Scenario 02: costruzione cavidotto, costruzione e allestimento dei fabbricati, costruzione linea AT, costruzione sottostazione elettrica.

La suddivisione della giornata lavorativa sarà su 2 turni (mattutino 07-13, pomeridiano 14-19) con la presenza di circa 600 addetti e di circa 50 addetti per la gestione.

Le sorgenti attive nelle lavorazioni sopra elencate, e incluse nelle simulazioni previsionali eseguite, sono indicate nelle tabelle di seguito.

A - Scavo e movimentazione terre

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[1] Escavatore	105,0	8	12	103,8
[2] Autocarro	101,0	8	12	99,8
[3] Pala Meccanica	104,0	6	12	102,8
[5] Autogrù	104,0	2	12	102,8

B- Costruzione cavidotto

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[1] Escavatore	105,0	1	12	103,8
[2] Autocarro	101,0	2	12	99,8

C - Costruzione e allestimento dei fabbricati

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[5] Autogrù	104,0	3	12	102,8
[2] Autocarro	101,0	6	12	99,8
[4] Autobetoniera	104,0	3	12	102,8

D - Costruzione linea AT

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[1] Escavatore	105,0	2	12	103,8
[2] Autocarro	101,0	4	12	99,8

E - Costruzione sottostazione elettrica

Mezzi	Lw dB(A)	Unità	Ore di lavoro (periodo diurno)	Lw dB(A)/cad.
[5] Autogrù	104,0	1	12	102,8
[2] Autocarro	101,0	2	12	99,8
[4] Autobetoniera	104,0	1	12	102,8

La valutazione dei livelli vibrazionali è stata condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere utilizzando dati bibliografici e misure dirette in campo. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla sola componente verticale considerata quella che fornisce il contributo maggiore sul vettore immissione.

Si precisa infine che stante l'indisponibilità di dati sperimentali per tutti i macchinari presenti nel cantiere in esame, si è proceduto utilizzando quelli di macchine in grado di trasmettere al terreno sollecitazioni di simile entità, ma di cui sia noto lo spettro.

Di seguito le tabelle ed i grafici di caratterizzazione delle sorgenti di vibrazioni individuate negli scenari di riferimento delle lavorazioni che li costituiscono. I valori seguenti sono espressi in mm/s^2.

Sc.1) SCAVO E MOVIMENTAZIONE TERRE + COSTRUZIONE CAVIDOTTO		Frequenza (Hz)																			
Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Escavatore (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
Pala meccanica assimilata a Pala Cingola	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Autocarro; Autogrù assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

Sc.2) COSTRUZIONE CAVIDOTTO + COSTRUZIONE E ALLESTIMENTO DEI FABBRICATI + COSTRUZIONE LINEA AT + COSTRUZIONE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA		Frequenza (Hz)																			
Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Escavatore (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
Autocarro; Autogrù; Autobetoniera assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

Di seguito i grafici degli spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z. Dall'analisi dei grafici sarà possibile identificare quali mezzi potrebbero causare una maggiore percezione del disturbo.

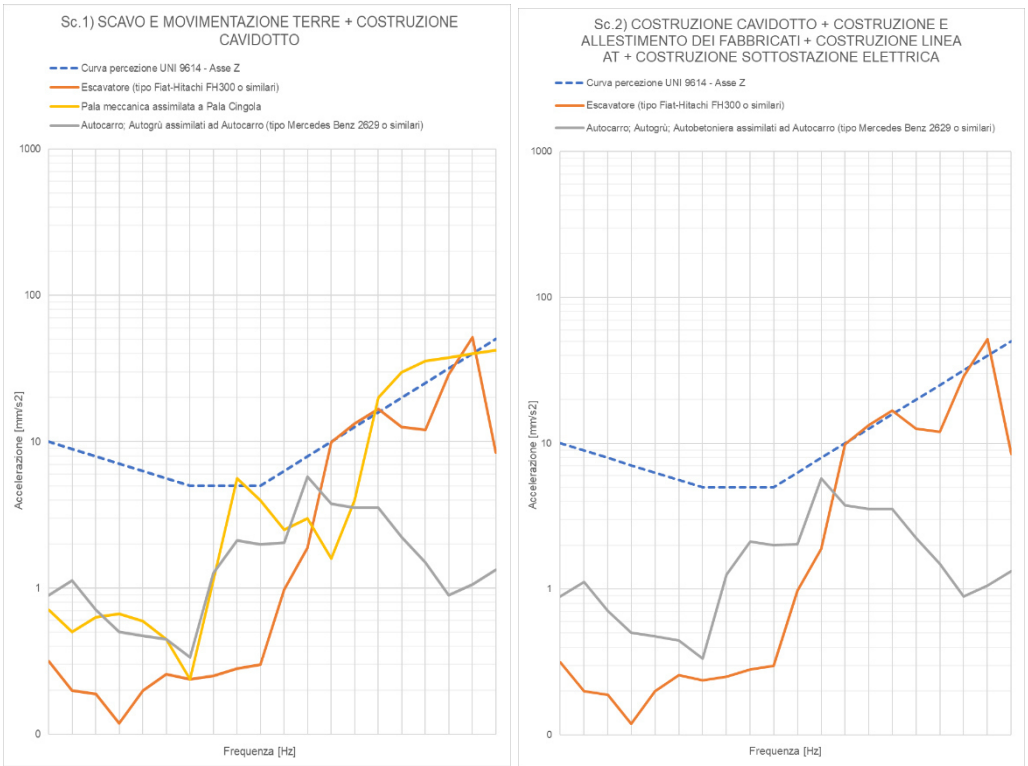


Figura 6-1 – Spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z

6.2.2 Valutazione della propagazione delle vibrazioni

Dall'analisi della propagazione dello spettro, per ogni distanza della sede dell'attività di lavoro, è agevole calcolare il livello complessivo di accelerazione ponderata, come somma dei livelli delle singole frequenze. In questo modo è stata calcolata la legge di variazione del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza, la quale è mostrata graficamente di seguito, per ogni scenario.

Nelle figure seguenti sono riportate la propagazione dello spettro nel terreno per le situazioni delle lavorazioni considerate.

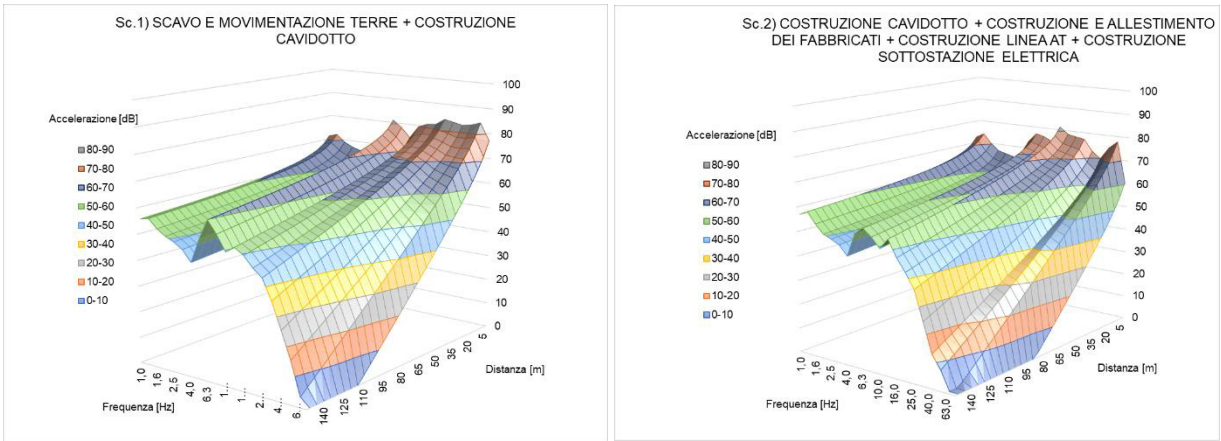


Figura 6-2 – Propagazione dei livelli di accelerazione in dB (UNI 9614) per singola frequenza

6.2.3 Stima dei futuri livelli vibrazionali

Il modello di propagazione illustrato fa riferimento ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, supposto omogeneo ed isotropo (almeno all'interno di ogni strato), senza tenere in considerazione per il momento la presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione che possono comportare variazioni dei livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi.

I sistemi fondazione in generale producono, in modo condizionato alla tipologia, un'attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante.

Inoltre, si rammenta il fenomeno della risonanza strutturale di elementi dei fabbricati, con particolare riferimento ai solai: quando infatti la frequenza dell'evento eccitante coincide con la frequenza naturale di oscillazione libera della struttura, quest'ultima registra un significativo incremento dei livelli di vibrazione rispetto a quelli registrabili sull'interfaccia terreno - costruzione.

Una stima dell'effetto locale di riduzione/amplificazione di ciascun edificio è possibile parametrizzando gli effetti combinati secondo curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

Sulla base di tali ipotesi, diviene possibile stimare in maniera approssimata per ogni edificio, note le sue caratteristiche costruttive, l'eventuale variazione massima sul solaio più sfavorito.

In merito alla previsione relativamente alla UNI 9614:2017 nelle seguenti considerazioni sull'entità dell'impatto vibrazionale presso i ricettori, avendo assunto un valore limite ammissibile pari a 7,2 mm/s^2 per gli edifici residenziali in virtù del periodo di lavoro diurno e un valore limite ammissibile pari a 14 mm/s^2 per gli edifici ad uso commerciale/servizi/ufficio, si applicherà un fattore che tenga conto della possibile sovramplificazione da parte della struttura dell'edificio ricettore (assunta per tutti i ricettori pari a +5 dB) permettendo così la valutazione all'interno degli edifici.

In relazione al Vettore Residuo, esso è stato determinato sulla base delle misure effettuate nell'ambito del presente progetto. Nel modello, ai fini della determinazione di *Vsorg* e al fine di individuare una previsione conservativa, sarà utilizzato un valore di residuo pari a 0,2 mm/s². Tale valore corrisponde al valore minimo del Vettore Residuo rilevato durante le campagne di misura ed è stato assunto cautelativamente come rappresentativo delle condizioni locali.

Dall'analisi della propagazione spaziale del valore complessivo ponderato dell'accelerazione (Vettore Immissione) per gli scenari individuati, e tenendo conto del Vettore Residuo, si determina il Vettore Sorgente. Di seguito l'analisi della funzione di trasferimento per ogni situazione di lavoro individuata associata allo scenario di riferimento.

Sc.1 – Scavo, movimentazione terre + Costruzione cavidotto. Per il presente scenario, il limite relativo al periodo diurno per i ricettori a destinazione residenziale, pari a 7,2 mm/s², considerando i possibili effetti di amplificazione indotti dagli edifici (assunti pari a +5 dB), risulta raggiunto a una distanza di circa 71 m dalla sorgente. Per i ricettori a destinazione commerciale/servizi/ufficio, per i quali il limite di riferimento è pari a 14 mm/s², la medesima analisi individua una distanza di circa 36 m.

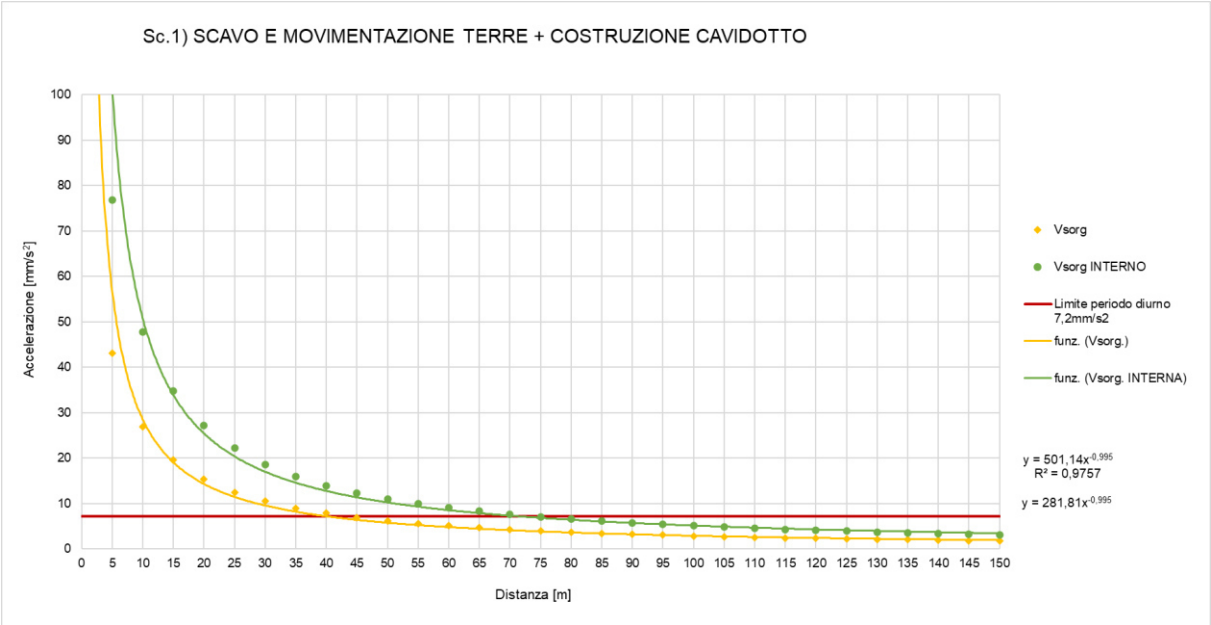


Figura 6-3 – Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo Scenario 01

Sc.2 – Costruzione cavidotto + Costruzione e allestimento dei fabbricati + Costruzione linea AT + Costruzione sottostazione elettrica. Per il presente scenario, il limite relativo al periodo diurno per i ricettori a destinazione residenziale, pari a 7,2 mm/s², considerando i possibili effetti di amplificazione indotti dagli edifici (assunti pari a +5 dB), risulta raggiunto a una distanza di circa 60 m dalla sorgente. Per i ricettori a destinazione commerciale/servizi/ufficio, per i quali il limite di riferimento è pari a 14 mm/s², la medesima analisi individua una distanza di circa 27 m.

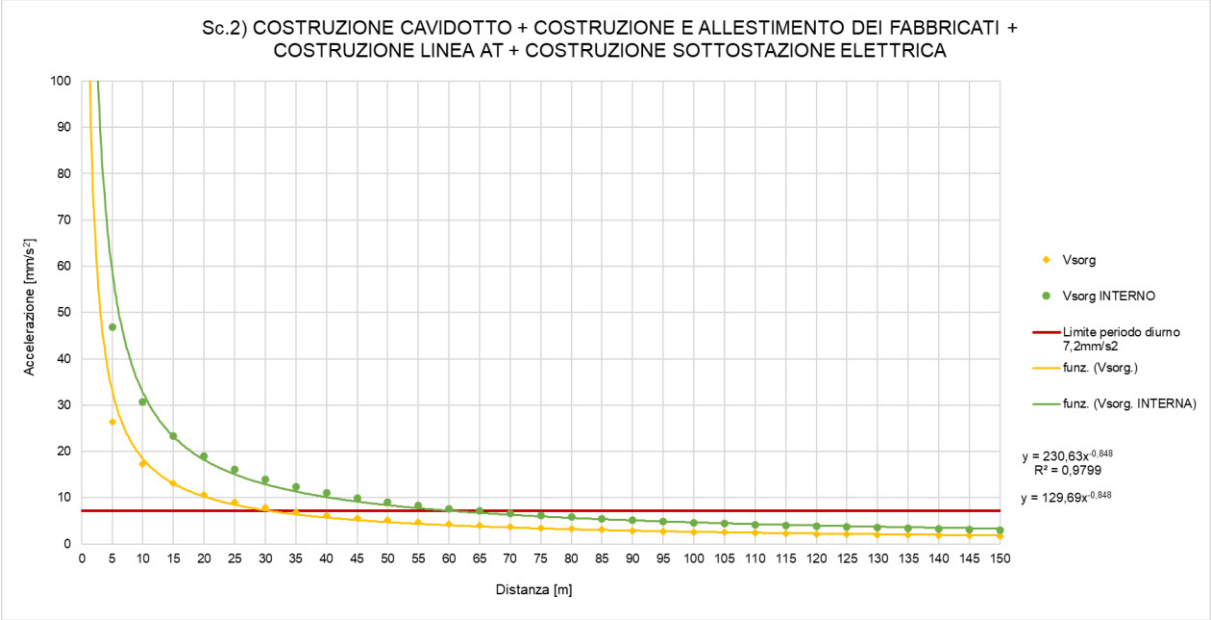


Figura 6-4 – Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo Scenario 02

Di seguito la tabella con le distanze limite raggiunte per i limiti indicati dalla UNI 9614:2017 in funzione della destinazione d'uso dell'edificio.

Tabella 6-1 - Sintesi distanze dal confine dell'area di cantiere per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti i limiti

Scenario	Funzione di Trasferimento	R^2	Distanza in m del limite di 14 mm/s² interno a uffici	Distanza in m del limite Diurno di 7,2 mm/s² interno agli edifici residenziali	Distanza in m del limite di 5,4 mm/s² interno alle scuole	Distanza in m del limite Notturno di 3,6 mm/s² interno agli edifici residenziali	Distanza in m del limite di 2 mm/s² interno ad ospedali
Sc.1 – Scavo, movimentazione terre + Costruzione cavidotto	$y=501,14 \cdot x^{-0,995}$	*0,98*	36	71	95	143(*)	258
Sc.2 – Costruzione cavidotto + Costruzione e allestimento dei fabbricati + Costruzione linea AT + Costruzione sottostazione elettrica	$y=501,14 \cdot x^{-0,995}$	*0,98*	27	60	84	135(*)	270

(*) lavorazioni non previste attive nel periodo

Per determinare la bontà delle funzioni di trasferimento ottenute si procede ad eseguire la valutazione del parametro statistico R^2. La valutazione tra i dati e quelli definiti dalle regressioni ha ottenuto delle funzioni di trasferimento con valore di R^2 di 0,98. Pertanto, il valore ottenuto di R^2 si ritiene accettabile e le funzioni di trasferimento rappresentative.

Considerando la vicinanza alle lavorazioni dell'edificio ad uso ufficio si segnala l'eventualità di alcune criticità legate al possibile superamento della soglia di disturbo in dipendenza dalla distanza del ricettore nel periodo di riferimento diurno. A seguito di ciò si dovranno adottare delle misure al fine del contenimento delle vibrazioni, quale la buona pratica di conduzione delle attività di cantiere ed eventualmente procedere ad una valutazione di maggior dettaglio con la redazione del "piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere" con la predisposizione di un monitoraggio per la verifica puntuale dei risultati predetti, nonché eseguire comunicazione ai ricettori che potrebbero essere interessati dal fenomeno delle vibrazioni.

6.2.4 Valutazione delle vibrazioni ai ricettori

La presente sezione espone la valutazione della propagazione delle vibrazioni presso i ricettori per i due scenari individuati e presentati in precedenza, limitatamente al periodo diurno. Per ciascun scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante, con l'analisi effettuata sui ricettori presenti nell'area di influenza delle vibrazioni indotte dalle lavorazioni previste.

Negli stralci si riporta l'area di influenza delle vibrazioni emesse delle lavorazioni e definite da isolivello rappresentative dei valori limite della UNI 9614:2017 in funzione della destinazione d'uso dell'edificio. Tale rappresentazione consente di verificare la conformità dei ricettori ai valori limite, confrontando la tipologia d'uso dell'edificio con l'isolivello intercettato.

In particolare, ai fini della valutazione vibrazionale, nelle vicinanze dell'area di progetto sono stati considerati tre edifici residenziali (R1, R2 e R3), individuati come rappresentativi della tipologia residenziale locale, per i quali il limite di accelerazione di riferimento nel periodo diurno è pari a 7,2 mm/s², e un edificio ad uso ufficio (R0) confinante con l'area di progetto, per il quale il limite di riferimento è pari a 14 mm/s², conformemente alla normativa vigente.

6.2.4.1 Scenario 1 – Scavo, movimentazione terre + Costruzione cavidotto

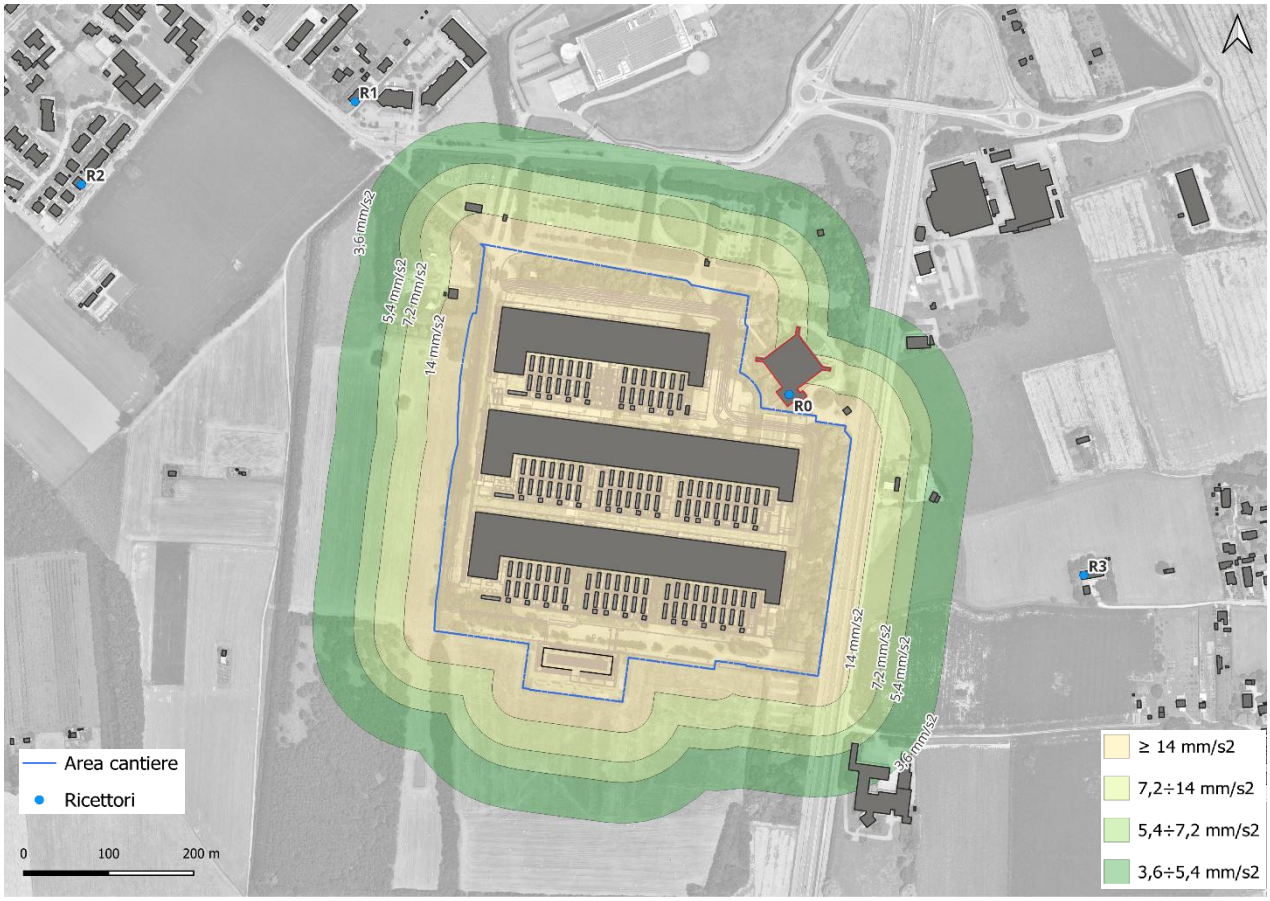


Figura 6-5 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni – Sc.01

Per fornire un quadro più dettagliato dell'impatto, nella tabella seguente sono riportati i range dei valori predetti all'interno di ciascun ricettore considerato nella presente valutazione di impatto vibrazionale, consentendo di confrontare le previsioni con i limiti di riferimento applicabili.

Scenario 01					
Nome	**Dest. D'uso**	**Distanza area cantiere m**	**Limite diurno mm/s²**	**Valore vibrazioni al ricettore mm/s²**	**Confronto con il limite del periodo diurno**
R0	Ufficio	20,4	14	29,9	oltre il limite di 15,9
R1	Residenziale	222,9	7,2	2,3	entro il limite
R2	Residenziale	448,5	7,2	1,2	entro il limite
R3	Residenziale	293,2	7,2	1,8	entro il limite

Analizzando la propagazione delle vibrazioni e i valori riportati in tabella, si evidenzia che l'ampiezza generata durante le lavorazioni interesserà esclusivamente il ricettore R0, con destinazione d'uso ad ufficio, adiacente all'area oggetto del progetto

6.2.4.2 Scenario 2 – Costruzione cavidotto + Costruzione e allestimento dei fabbricati + Costruzione linea AT + Costruzione sottostazione elettrica

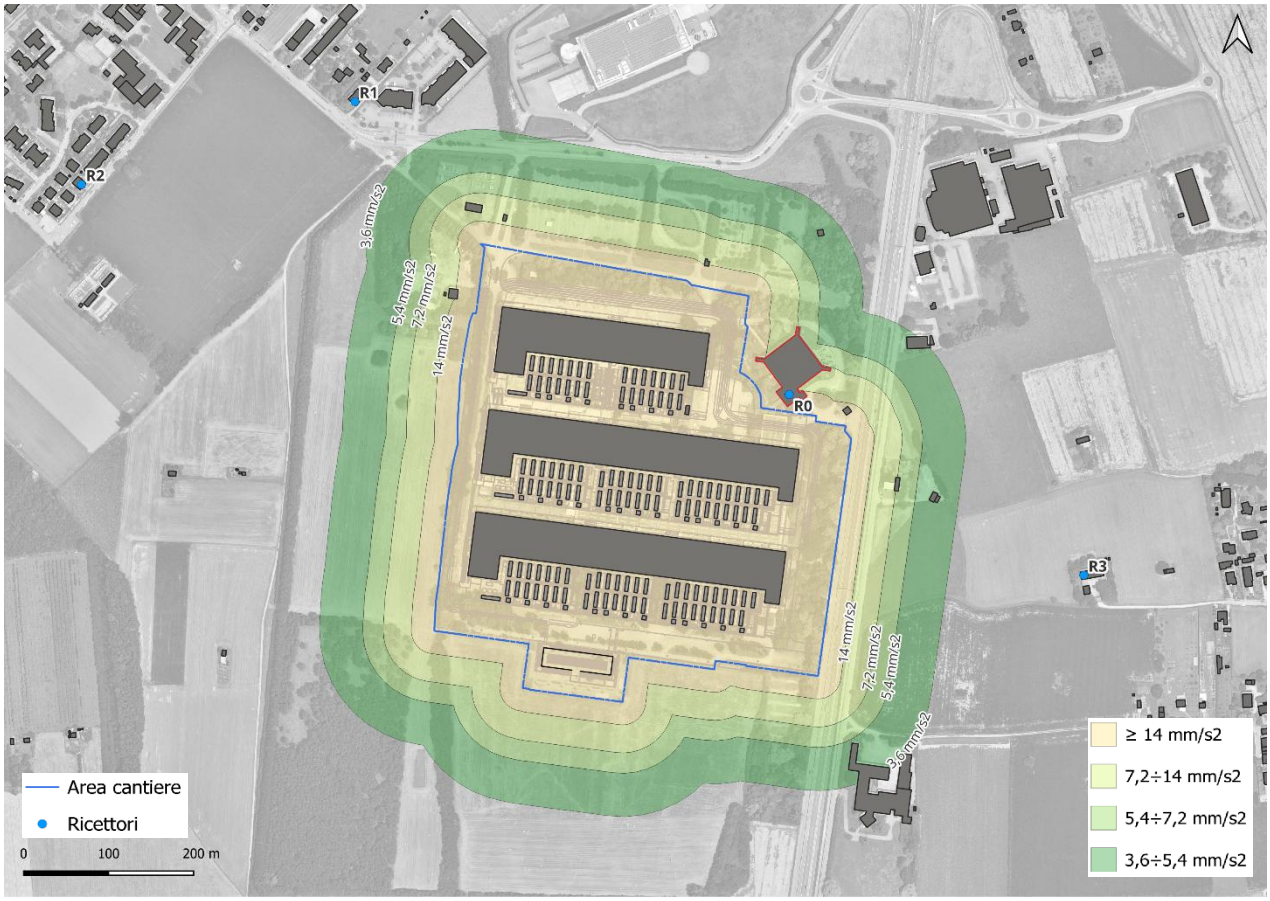


Figura 6-6 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni – Sc.02

Per fornire un quadro più dettagliato dell'impatto, nella tabella seguente sono riportati i range dei valori predetti all'interno di ciascun ricettore considerato nella presente valutazione di impatto vibrazionale, consentendo di confrontare le previsioni con i limiti di riferimento applicabili.

Scenario 02					
Nome	**Dest. D'uso**	**Distanza area cantiere m**	**Limite diurno mm/s²**	**Valore vibrazioni al ricettore mm/s²**	**Confronto con il limite del periodo diurno**
R0	Ufficio	20,4	14	17,9	oltre il limite di 3,9
R1	Residenziale	222,9	7,2	2,4	entro il limite
R2	Residenziale	448,5	7,2	1,3	entro il limite
R3	Residenziale	293,2	7,2	1,9	entro il limite

Analizzando la propagazione delle vibrazioni e i valori riportati in tabella, si evidenzia che l'ampiezza generata durante le lavorazioni interesserà esclusivamente il ricettore R0, con destinazione d'uso ad ufficio, adiacente all'area oggetto del progetto.

6.2.5 Misure di prevenzione e mitigazione

Al fine di contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari, è necessario agire sulle modalità di utilizzo dei medesimi, sulla loro tipologia e adottare semplici accorgimenti, quali quelli di tenere gli autocarri in stazionamento a motore acceso il più possibile lontano dai ricettori.

La definizione di misure di dettaglio è demandata all'Appaltatore, che per definirle dovrà basarsi sulle caratteristiche dei macchinari da lui effettivamente impiegati e su apposite misure. In linea indicativa, l'Appaltatore dovrà:

- rispettare la norma di riferimento ISO 2631 con i livelli massimi ammissibili delle vibrazioni sulle persone;
- contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari agendo sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia;
- definire le misure di dettaglio basandosi sulle caratteristiche dei macchinari da lui effettivamente impiegati;
- posizionare impianti fissi lontano dai ricettori sensibili;
- mantenere la buona cura delle aree di cantiere, come conservare in buono stato le strade di cantiere ed eliminare avvallamenti o buche;
- redigere un "piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere", da integrare nel "sistema gestione ambientale di cantiere"

Lo scopo ed i contenuti attesi nel "Piano di Gestione dell'Impatto Vibrazionale di Cantiere", come indicato nell'allegato C della norma UNI 9614:2017, sono di seguito esposti.

Il "piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere" (PGIVC) è un elaborato, il quale permette di valutare preventivamente il potenziale impatto; di dare evidenza preventiva delle relative modalità di gestione analizzando le singole lavorazioni e i relativi processi gestionali. Il documento si configura come uno strumento per controllare l'effettiva adozione di strategie di gestione dell'impatto e per intervenire laddove l'impatto sia comunque oggetto di lamentele.

Il piano può anche contenuto all'interno del Piano di Gestione Ambientale di cantiere.

I contenuti analizzati nel piano devono quindi concorrere all'obbiettivo di controllare e limitare i livelli di vibrazione.

Si riporta di seguito una lista dei contenuti attesi in un piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere (PGIVC). I contenuti evidenziati di seguito dovrebbero permettere di avere un documento che esplicita tutte le situazioni di impatto e le misure mitigative o di attenzione che verranno messe in atto.

Come già ricordato gli obbiettivi del PGIVC sono, per quanto ragionevolmente praticabile, controllare e limitare i livelli di vibrazione così che le residenze interessate o altri ricettori sensibili siano protetti da eccessivi livelli di vibrazione associati alle attività di cantiere.

Al fine di valutare gli effetti, il PGIVC, dovrebbe contenere le informazioni dettagliate sui ricettori prossimi al cantiere e potenzialmente interessati dal disturbo vibrazionale. Per ogni ricettore dovrebbe essere specificata la destinazione d'uso dell'edificio, le attività in esso svolte, le caratteristiche costruttive e le condizioni di conservazione, nonché informazione delle ore per le quali dovrebbe essere rispettata la quiete o il riposo. Queste informazioni saranno utili per definire una classifica di sensibilità dei ricettori da attenzionare durante il susseguirsi delle fasi di lavoro.

In merito alle lavorazioni il PGIVC dovrebbe contenere una loro lista, i relativi macchinari previsti ed il potenziale grada d'impatto sui ricettori più prossimi.

Le considerazioni sugli effetti sui ricettori dovrebbero essere supportale una stima quantitativa dell'impatto per conoscere quale sarà il disturbo e per quanto durerà basando lo studio su valori numerici bibliografici o da misure di situazioni analoghe avvenute in cantiere.

Il PGIVC dovrebbe contenere un piano della comunicazione al fine di coinvolgere i ricettori sulle possibili criticità nelle fasi di lavoro da attuare prima dell'inizio delle attività di cantiere. Fornire una adeguata informazione alla popolazione interessata può permettere che le persone tollerino più facilmente le vibrazioni indotte. Le informazioni che dovrebbero essere trasmesse sono relative almeno ai livelli di disturbo attesi, alla durata delle lavorazioni e evidenziare che le vibrazioni non saranno tali da creare danni permanenti alle strutture.

Le comunicazioni dovrebbero essere fatte con sufficiente anticipo rispetto alle lavorazioni, in maniera chiara, completa ed efficace, così da esser certi che ogni potenziale ricettore impattato sia reso cosciente del disturbo.

All'inizio di ciascuna delle tipologie di lavorazioni e in particolare per quelle più disturbanti dovrebbero essere eseguite indagini vibrazionali. Le misure avranno lo scopo sia di validare le stime d'impatto sia di valutare il reale valore immesso dalle lavorazioni. Speciale attenzione deve essere dedicata ai ricettori sensibili e per quelli per i quali è previsto il riposo diurno. All'interno del piano dovrebbero essere quindi indicate le modalità di misura ed in riferimento alla UNI 9614:2017.

In relazione alle mitigazioni propriamente dette per un cantiere non esistono mitigazioni permanenti economicamente sensate o tecnicamente conseguibili senza arrecare possibili ulteriori fenomeni vibratori o aggiunta di lavorazioni. Tuttavia, il piano dovrebbe precisare:

- se e quando verranno previste interruzioni per il rispetto del riposo da mettere in relazione con la tipologia di ricettore;
- se sono state valutate alterative fra le modalità esecutive, al fine di ridurre il livello generato;
- se gli impianti fissi sono stati posizionali lontano da ricettori sensibili;

- qualunque altra buona cura, come per esempio evitare un utilizzo improprio dei macchinari e conservare in buono stato le strade di cantiere per eliminare avvallamenti o buche e limitare le cadute di oggetti dall'alto;

AI fine di garantire il corretto rispetto delle procedure indicate nel PGIVG dovrebbe essere previsto un piano dei controlli e degli audit interni allo scopo di garantire che l'attenzione al controllo del disturbo e dei retativi effetti sia costante per la durata del cantiere. I controlli devono riguardare il rispetto di:

- piani di monitoraggio;
- piano della comunicazione e verifica della sua efficacia;
- implementazione delle mitigazioni previste comprese anche le buone pratiche di cantiere.

Di seguito si procede alla valutazione delle vibrazioni immesse ai ricettori relativamente alla fase di lavoro più critica per gli scenari individuati, la quale permetterà di individuare la tipologia e il numero di ricettori per i quali è stimato un probabile superamento del limite all'interno dell'edificio rispetto ai limiti previsti dalla UNI 9614:2017.

7 VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO VIBRAZIONALE – FASE DI ESERCIZIO

7.1 Introduzione

Alla luce del citato quadro normativo di riferimento, si procederà di seguito alla valutazione dei possibili impatti derivanti dagli impianti esterni di prevista installazione, nella fase di esercizio e di test dell'impianto di emergenza.

In dettaglio, saranno valutate le seguenti condizioni di esercizio:

- normale esercizio;
- test dei generatori.

Come evidenziato in precedenza, analogamente a quanto riportato per la matrice rumore, la condizione di funzionamento dei generatori a pieno regime in caso di blackout non verrà valutata. In riferimento alle Linee Guida MASE D.D. VA n. 257 del 02/08/2024, tale configurazione rappresenta infatti una condizione emergenziale, non riconducibile al normale ciclo operativo dell'impianto. Pertanto, non sarà oggetto di valutazione la seguente situazione di funzionamento:

- funzionamento dei generatori a pieno regime in condizioni blackout.

Lo studio è stato condotto mediante un approccio di tipo quantitativo (mediante la generazione di apposite mappe di propagazione delle vibrazioni e tabelle riepilogative dei risultati) per quanto riguarda la valutazione dei livelli di vibrazioni previsti ai ricettori presenti nelle aree limitrofe al sito oggetto di studio.

Le vibrazioni previste nell'area sono state valutate considerando, a fini cautelativi, i regimi di funzionamento degli impianti ai quali sono associate le massime emissioni di vibrazioni.

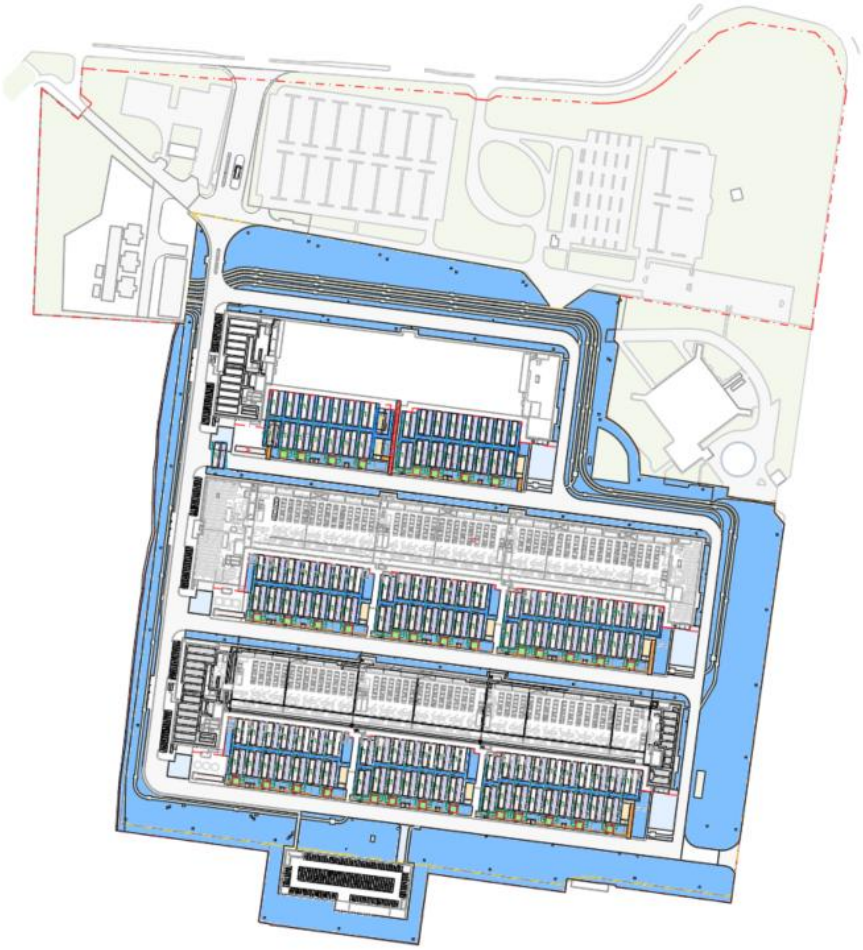


Figura 7-1 - Planimetria dei 3 data center

7.2 Descrizione delle sorgenti di vibrazioni connesse all'opera

Il progetto prevede la realizzazione di un sito data center con la costruzione, a seguito della demolizione delle strutture esistenti, di tre corpi di fabbrica costituenti i tre data center.

L'attività del sito è considerabile a ciclo continuo. Nella valutazione sarà considerato operativo sia in periodo diurno sia in periodo notturno.

Dal punto di vista delle vibrazioni indotte dal funzionamento dell'impianto in progetto può essere suddiviso in tre macro ambiti:

- chiller in copertura ai corpi di fabbrica dei data center;
- parco generatori di energia elettrica di emergenza;
- viabilità pertinente ai data center.

7.2.1 Chiller in copertura ai corpi di fabbrica dei data center

Le emissioni vibrazionali del corpo di fabbrica del data center potrebbero essere determinate dal funzionamento dei chiller in copertura, in quanto all'interno delle strutture non sono previsti dispositivi di massa in movimento.

Per l'impianto frigorifero si ipotizza l'installazione degli apparati del tipo AIRDALE Turbo Chill "V", di seguito dettagliati:

Modello apparecchiatura	Documento riferimento	N° unità
9MW AHU	AHU_9MWDH	3
12MW AHU	AHU_12MWDH	2
AHU Condenser	FOH, BOH DH AHU Condenser Sound Data	13
AHU:	AHU_FoH	2
MVHR	MVHR_FoH_2	2
MVHR	MVHR_BoH	3
VRF condensers	FOH, BOH VRF Condenser Sound Data	11
DX condensers	FOH, BOH DX Condenser Sound Data	28 (18 duty/10 standby)
MMR CRAC Condensers	CRAC Condenser Noise data	8 (4 duty/4 standby)

Il posizionamento dei chiller è previsto in copertura come rappresentato nella seguente figura (in verde i chiller).

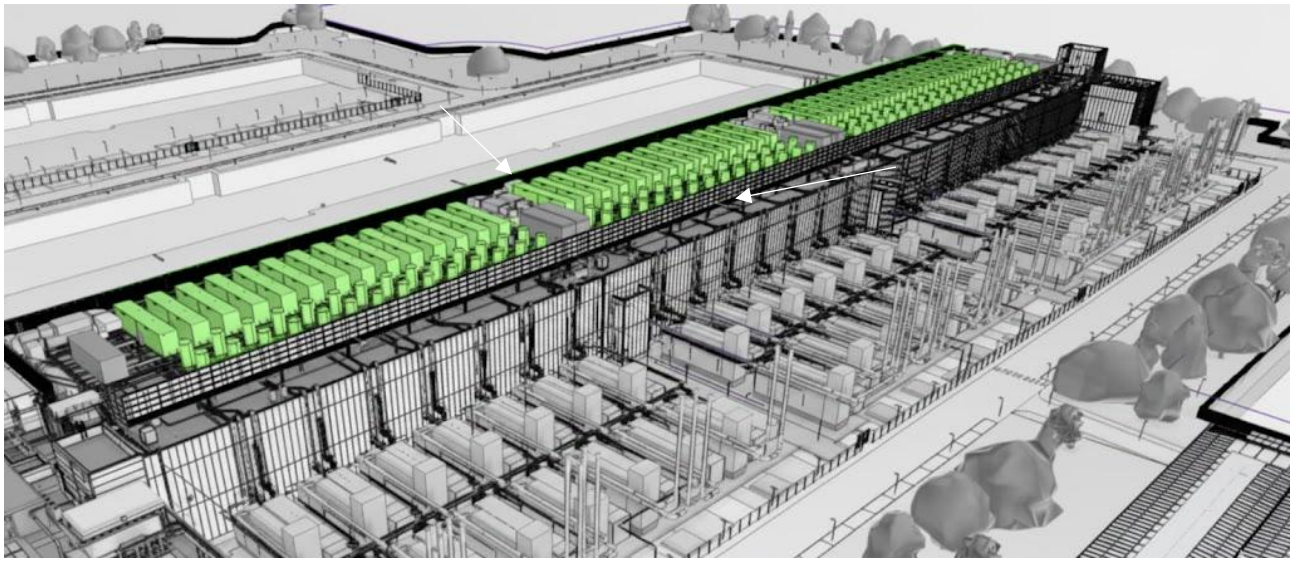


Figura 7-2 – Posizione chiller in copertura (in verde) del data center

7.2.1.1 Valutazione della trasmissione di vibrazioni da chiller installati in copertura

L'installazione di gruppi frigoriferi (chiller) in copertura a edifici industriali comporta, in condizioni progettuali ordinarie, la generazione di livelli di vibrazione trascurabili, o nulli, alla base dell'edificio.

I chiller costituiscono macchine rotanti a velocità relativamente contenuta, generalmente equipaggiate con compressori scroll, vite o centrifughi e ventilatori assiali. Tali componenti generano vibrazioni meccaniche caratterizzate da frequenze prevalentemente comprese tra alcune decine e alcune centinaia di Hz, con ampiezze limitate.

In merito alla propagazione strutturale, la trasmissione delle vibrazioni verso i livelli inferiori dell'edificio risulta fortemente attenuata per i seguenti motivi principali:

- entità delle sorgenti vibrazionali;
- disaccoppiamento meccanico;
- smorzamento e dispersione strutturale;
- percorso di propagazione verticale.

Entità delle sorgenti vibrazionali: i livelli di vibrazione generati da chiller correttamente installati risultano generalmente dell'ordine di alcuni decimi di mm/s in velocità vibratoria sulla struttura di appoggio immediata, valori che tendono a diventare trascurabili al supporto antivibrante. In termini di accelerazione si può stimare generalmente, in prossimità dei supporti antivibranti, valori già trascurabili e ridotti all'ordine di alcune decine di mm/s^2.

Disaccoppiamento meccanico: i chiller sono normalmente installati su supporti antivibranti elastomerici o molle, progettati per introdurre una frequenza propria del sistema di supporto significativamente inferiore alle frequenze di eccitazione della macchina. Ciò determina un elevato fattore di isolamento dinamico (tipicamente >90%).

Smorzamento e dispersione strutturale: le vibrazioni che eventualmente entrano nella struttura dell'edificio subiscono una rapida attenuazione lungo gli elementi strutturali (solai, travi e pilastri) a causa dei fenomeni di smorzamento intrinseco dei materiali, proporzionalità fra le masse e delle discontinuità strutturali.

Percorso di propagazione verticale: il percorso tra la copertura e fondazione dell'edificio implica l'attraversamento di numerosi elementi strutturali. La trasmissione di vibrazione lungo tale percorso determina una riduzione progressiva dell'ampiezza vibratoria, con decadimento tipicamente superiore a diversi ordini di grandezza.

In riferimento alle considerazioni esposte, si può ritenere nella valutazione che i chiller installati in copertura, qualora correttamente posati su sistemi antivibranti e collegati mediante giunti flessibili alle reti impiantistiche, non costituiscano una sorgente di vibrazione alla base dell'edificio, né producano livelli vibrazionali tali da determinare effetti percettibili e/o di propagazione nel terreno.

7.2.2 Parco generatori di energia elettrica a terra

L'esercizio del parco dei generatori è determinato dalle fasi previste di test di funzionamento e alla fase emergenziale di blackout. Quest'ultima fase, per le precedenti motivazioni, non sarà valutata essendo una fase di emergenza.

Ciascuno dei generatori è installato in un container/box insonorizzato; in totale sono installati 126 generatori. La fase di test individua le seguenti operazioni periodiche di verifica. I generatori sono sottoposti a test con cadenza mensile e annuale, secondo le procedure e le durate di seguito riportate, esclusivamente nel periodo diurno:

- test mensile: tutti i generatori vengono testati singolarmente per dieci minuti al mese;
- test annuale: tutti i generatori vengono testati singolarmente per una durata complessiva di 90 minuti, secondo le seguenti modalità:
    - funzionamento con carico del generatore al 25% per 15 minuti;
    - funzionamento con carico del generatore aumentato al 50% per 15 minuti;
    - funzionamento con carico del generatore aumentato al 100% per 60 minuti.

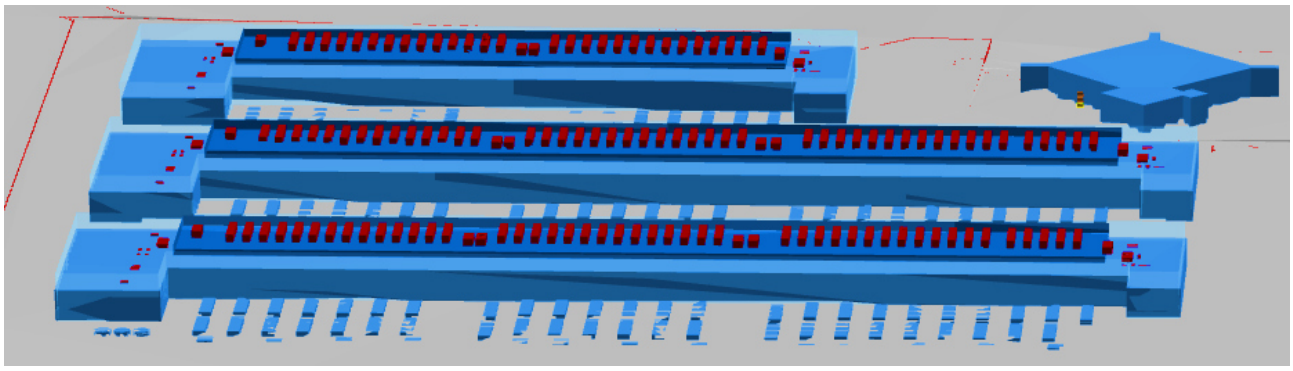


Figura 7-3 – Posizione chiller in copertura (in rosso) del data center e dei generatori a terra (in ciano)

7.2.2.1 Valutazione dello spettro di emissione vibrazionale di generatori elettrici diesel

I gruppi elettrogeni alimentati a gasolio installati all'interno di box insonorizzati, nelle aree previste nei pressi degli edifici costituenti il data center, sono sorgenti vibrazionali riconducibili, per principio di funzionamento e caratteristiche dinamiche, alle macchine con motore endotermico diesel accoppiato a masse rotanti.

Dal punto di vista meccanico il gruppo elettrogeno è costituito da:

- motore diesel pluricilindrico;
- alternatore elettrico accoppiato;
- sistemi ausiliari (ventilazione, raffreddamento);
- basamento con supporti antivibranti.

Le vibrazioni generate derivano principalmente dalle forze di combustione e dalle masse rotanti del motore, con componenti spettrali concentrate alle frequenze legate alla velocità di rotazione e ai suoi multipli, nonché dall'alternatore.

In modo analogo, anche un autocarro è dotato di motore diesel con caratteristiche costruttive e cinematismi assimilabili (architettura pluricilindrica e regime di rotazione analogo). Ne deriva che lo spettro di eccitazione primaria delle vibrazioni prodotte dal motore presenta frequenze dominanti comparabili, generalmente comprese nell'intervallo 20–100 Hz, con armoniche superiori legate agli ordini di combustione.

Dal punto di vista della trasmissione delle vibrazioni al suolo, i due sistemi presentano inoltre analogie funzionali nei meccanismi di isolamento dinamico:

- nell'autocarro il contatto con il suolo avviene tramite pneumatici, che introducono una significativa capacità di isolamento elastico e smorzamento;
- nel caso dei gruppi elettrogeni installati in box, il basamento è normalmente appoggiato su supporti antivibranti elastomerici o a molla, progettati proprio per ridurre la trasmissione delle vibrazioni alla struttura e/o al terreno.

Pertanto, sia nel caso dell'autocarro sia nel caso del gruppo elettrogeno, il sistema complessivo sorgente–isolamento può essere schematizzato come massa eccitata su supporto elastico, con un comportamento dinamico comparabile in termini di filtraggio delle componenti vibrazionali verso il suolo.

In aggiunta, la presenza del box insonorizzato contribuisce a incrementare ulteriormente lo smorzamento globale del sistema e a ridurre l'accoppiamento diretto con l'ambiente esterno.

In riferimento alle analogie valutate:

- nel principio di generazione delle vibrazioni (motore diesel pluricilindrico);
- nello spettro di eccitazione principale (frequenze associate al regime di rotazione e agli ordini di combustione);
- nei meccanismi di isolamento elastico verso il suolo (pneumatici nel caso dell'autocarro, supporti antivibranti nel caso del gruppo elettrogeno);

risulta ragionevole assumere che lo spettro di emissione vibrazionale di un generatore elettrico diesel installato in box insonorizzato sia assimilabile, in prima approssimazione, a quello prodotto dal passaggio o dal funzionamento di un autocarro.

Tuttavia, al fine di mantenere un approccio prudenziale nella valutazione delle vibrazioni, si assume che un singolo generatore elettrico alimentato a gasolio possa produrre uno spettro vibrazionale equivalente a quello generato da tre autocarri, così da introdurre un adeguato margine cautelativo nelle successive analisi di propagazione e negli eventuali confronti con i livelli di riferimento ambientali.

Nella tabella e nel grafico seguenti è riportata la caratterizzazione della sorgente vibrazionale relativa all'autocarro assimilato ai generatori, espressa in mm/s², utilizzata per le successive valutazioni di propagazione e per il confronto con i livelli di riferimento.

L.1) FUNZIONAMENTO GENERATORI		Frequenza (Hz)																			
Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Generatore elettrico diesel assimilato ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41

Di seguito è riportato il grafico dello spettro della sorgente vibrazionale relativa all'esercizio dei generatori elettrici, assimilati ad autocarro, con confronto con la curva di percezione secondo UNI 9614:2017 per l'asse Z.

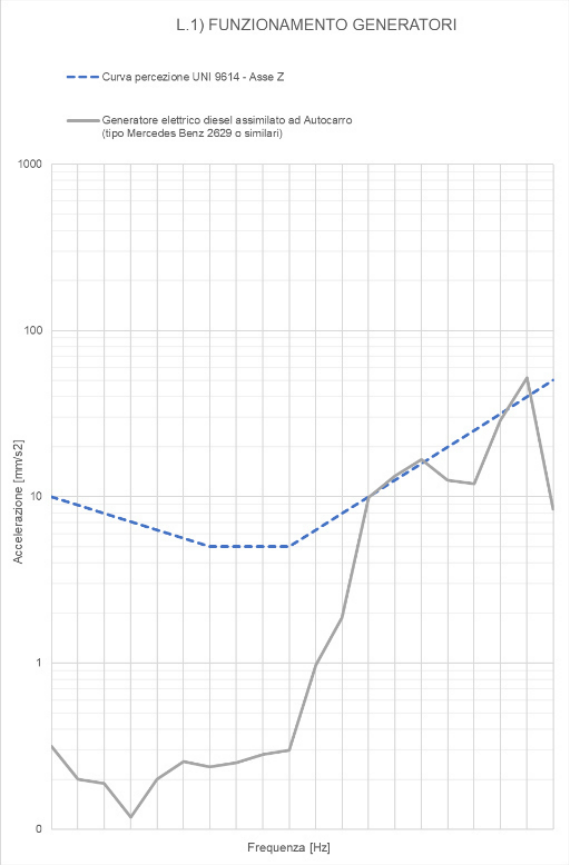


Figura 7-4 – Spettro delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z

7.2.2.2 Valutazione della propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio dei generatori

Dall'analisi della propagazione dello spettro, per ogni distanza dalla base dei generatori è possibile calcolare il livello complessivo di accelerazione ponderata, come somma dei livelli delle singole frequenze. In questo modo è stata determinata la legge di variazione del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza. Nella figura seguente è riportata la propagazione dello spettro nel terreno per la situazione di esercizio dei generatori elettrici diesel.

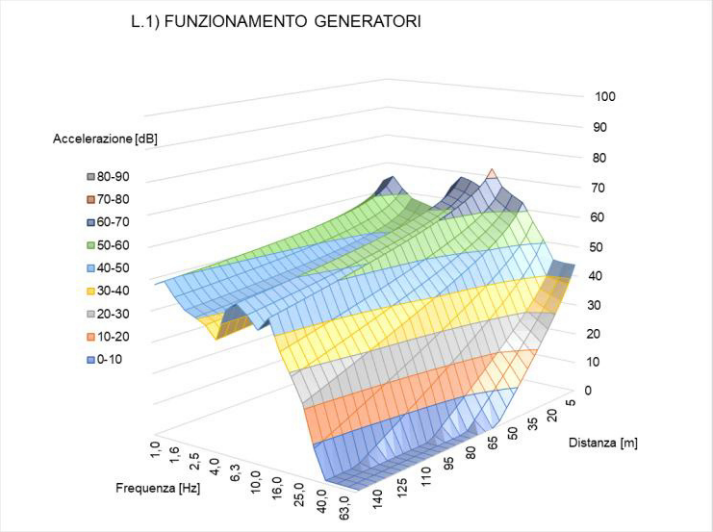


Figura 7-5 – Propagazione dei livelli di accelerazione in dB (UNI 9614) per singola frequenza

7.2.2.3 Previsione dell'impatto vibrazionale in fase di esercizio dei generatori

Come già discusso nel capitolo precedente, il modello di propagazione adottato descrive i fenomeni di trasmissione delle vibrazioni nel terreno, assunto omogeneo e isotropo all'interno dei singoli strati, senza una modellazione esplicita dell'interazione terreno–struttura. In presenza di edifici, i sistemi di fondazione possono determinare una variazione dei livelli di vibrazione rispetto a quelli presenti nel terreno circostante, generalmente con effetti di attenuazione; tuttavia, in alcuni casi possono verificarsi fenomeni di amplificazione legati alla risonanza strutturale degli elementi edilizi, in particolare dei solai. Tali effetti locali possono essere valutati in maniera approssimata mediante relazioni empiriche che correlano i livelli di vibrazione nel terreno con quelli all'interno degli edifici.

In relazione alla previsione secondo la UNI 9614:2017, nelle seguenti considerazioni sull'entità dell'impatto vibrazionale presso i ricettori si assumono valori limite pari a 7,2 mm/s² per gli edifici residenziali (periodo diurno) e 14 mm/s² per edifici ad uso commerciale/servizi/uffici. Ai fini della valutazione dei livelli all'interno degli edifici, ai valori stimati viene applicato un fattore di possibile sovramplificazione strutturale pari a +5 dB, assunto cautelativamente per tutti i ricettori.

Anche in questo caso, il Vettore Residuo è stato determinato sulla base delle misure effettuate nell'ambito del presente progetto. Nel modello previsionale, ai fini della determinazione di Vsorg e con finalità conservative, è stato adottato un valore pari a 0,2 mm/s², corrispondente al valore minimo rilevato durante le campagne di misura e ritenuto rappresentativo delle condizioni locali.

Dall'analisi della propagazione spaziale del valore complessivo ponderato dell'accelerazione (Vettore Immissione) per gli scenari individuati, e tenendo conto del Vettore Residuo, viene quindi determinato il Vettore Sorgente. Di seguito l'analisi della funzione di trasferimento individuata per la fase di esercizio dei generatori elettrici diesel.

L.1 – Funzionamento generatori. Per il presente scenario di esercizio, il limite relativo al periodo diurno per i ricettori a destinazione residenziale, pari a 7,2 mm/s², considerando i possibili effetti di amplificazione indotti dagli edifici (assunti pari a +5 dB), risulta raggiunto a una distanza di circa 16 m dalla sorgente. Per i ricettori a destinazione commerciale/servizi/ufficio, per i quali il limite di riferimento è pari a 14 mm/s², la medesima analisi individua una distanza di circa 7 m.

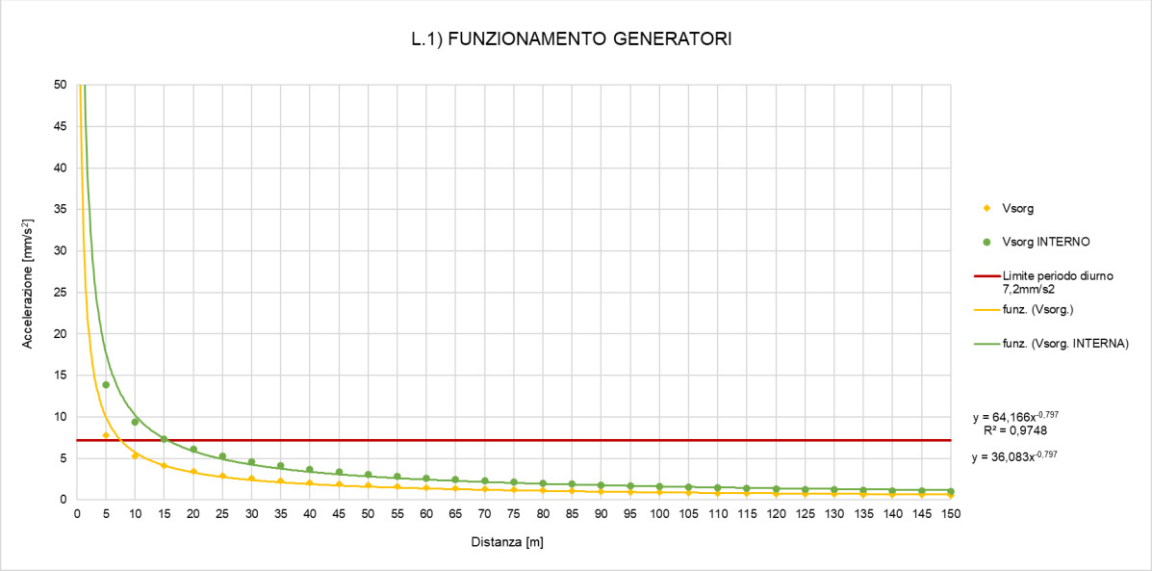


Figura 7-6 – Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali in fase di esercizio dei generatori

Di seguito la tabella con le distanze limite raggiunte per i limiti indicati dalla UNI 9614:2017, in funzione delle destinazioni d'uso dell'edificio.

Tabella 7-1 - Sintesi distanze dai singoli generatori per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti i limiti

Situazione	Funzione di Trasferimento	R^2	Distanza in m del limite di 14 mm/s² interno a uffici	Distanza in m del limite Diurno di 7,2 mm/s² interno agli edifici residenziali	Distanza in m del limite di 5,4 mm/s² interno alle scuole	Distanza in m del limite Notturno di 3,6 mm/s² interno agli edifici residenziali	Distanza in m del limite di 2 mm/s² interno ad ospedali
Funzionamento generatore	$y=64,166 \cdot x^{-0,797}$	0,98	7	16	22	37(*)	78

(*) funzionamento dei generatori non previsto attivo nel periodo

Ai fini della valutazione della bontà della funzione di trasferimento ottenuta è stato analizzato il parametro statistico R^2, che assume un valore pari a 0,98. Tale valore si ritiene accettabile e consente di considerare la funzione di trasferimento come rappresentativa del fenomeno analizzato.

7.2.2.4 Valutazione delle vibrazioni ai ricettori in fase di esercizio

Ai fini della verifica vibrazionale durante l'esercizio dei generatori nei test, sono stati analizzati quattro casi, ciascuno relativo a un generatore posizionato nella postazione più vicina al perimetro dell'area di indagine, corrispondente a uno dei quattro lati. Tali posizioni sono state considerate le più critiche in termini di emissioni vibrazionali, a causa della minima distanza dai ricettori di riferimento.

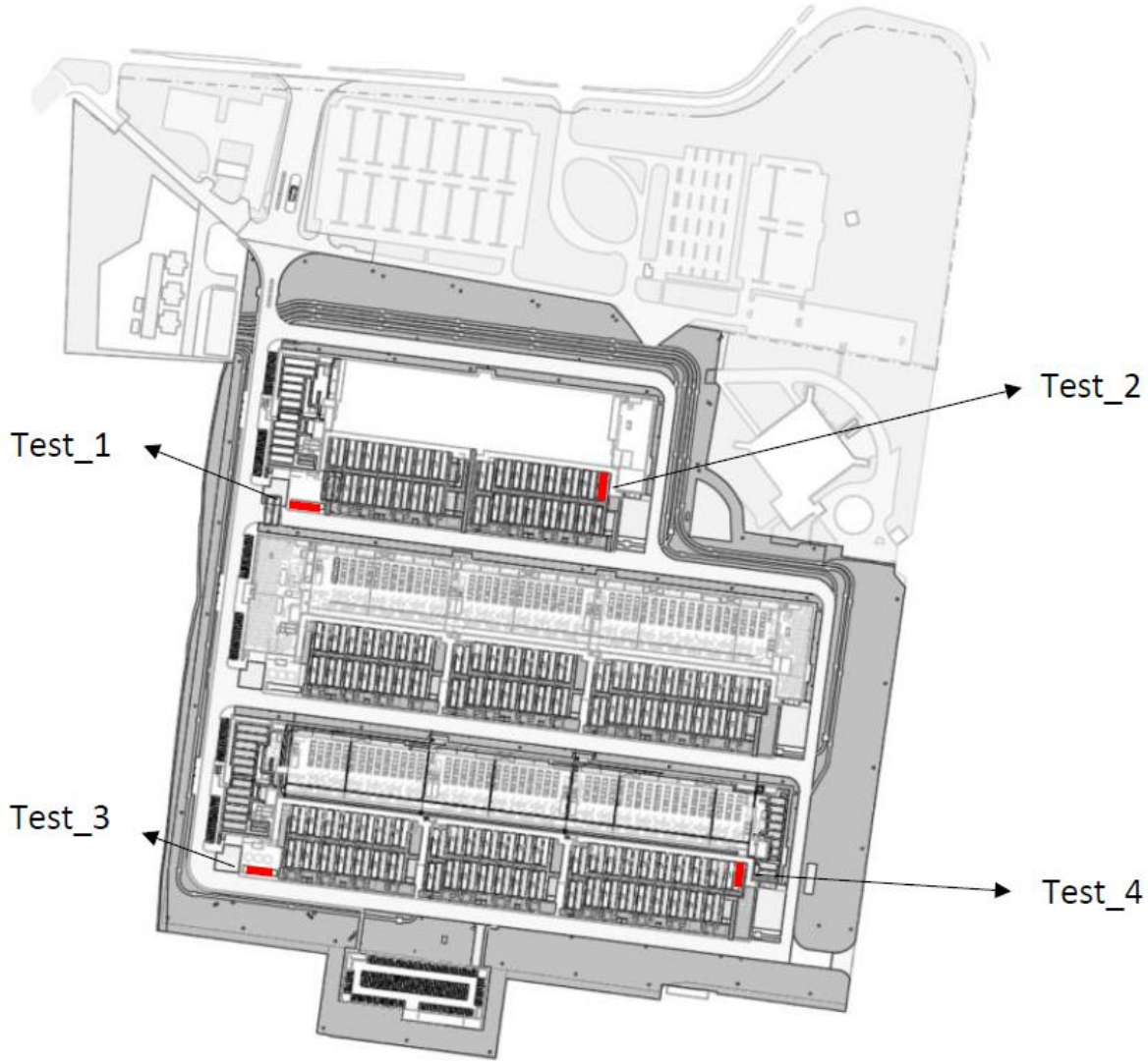


Figura 7-7 – Ubicazione dei generatori elettrici diesel considerati nei diversi scenari di test

Di seguito si riportano gli stralci cartografici relativi ai quattro scenari di test di esercizio dei generatori considerati, con la rappresentazione delle curve isolivello delle vibrazioni. Gli elaborati consentono di inquadrare la propagazione delle vibrazioni nel contesto territoriale.

Fase di esercizio dei generatori – Scenario di test 1

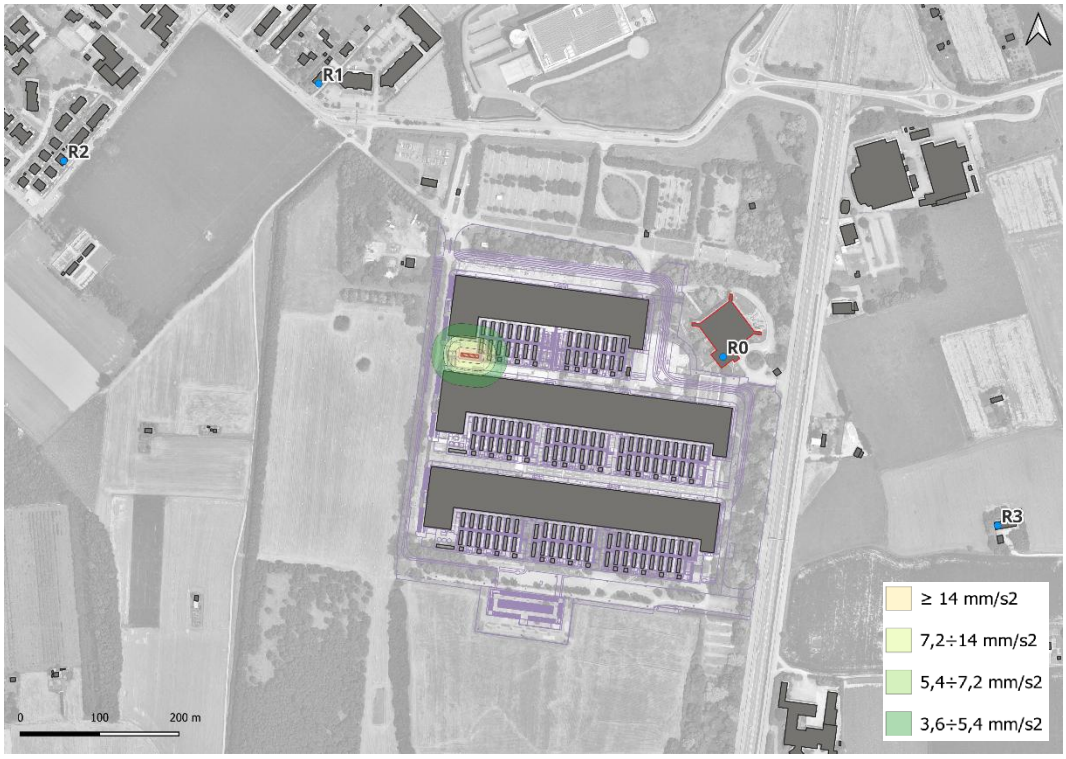


Figura 7-8 Ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 1

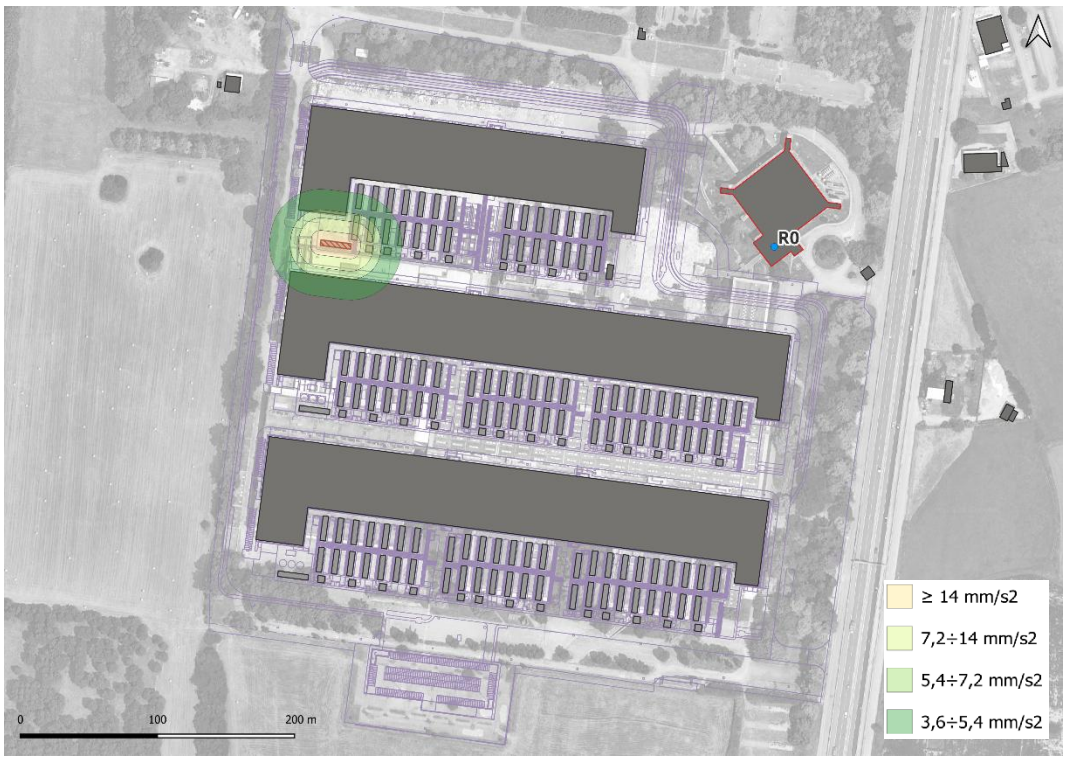


Figura 7-9 – Dettaglio ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 1

Fase di esercizio dei generatori – Scenario di test 2

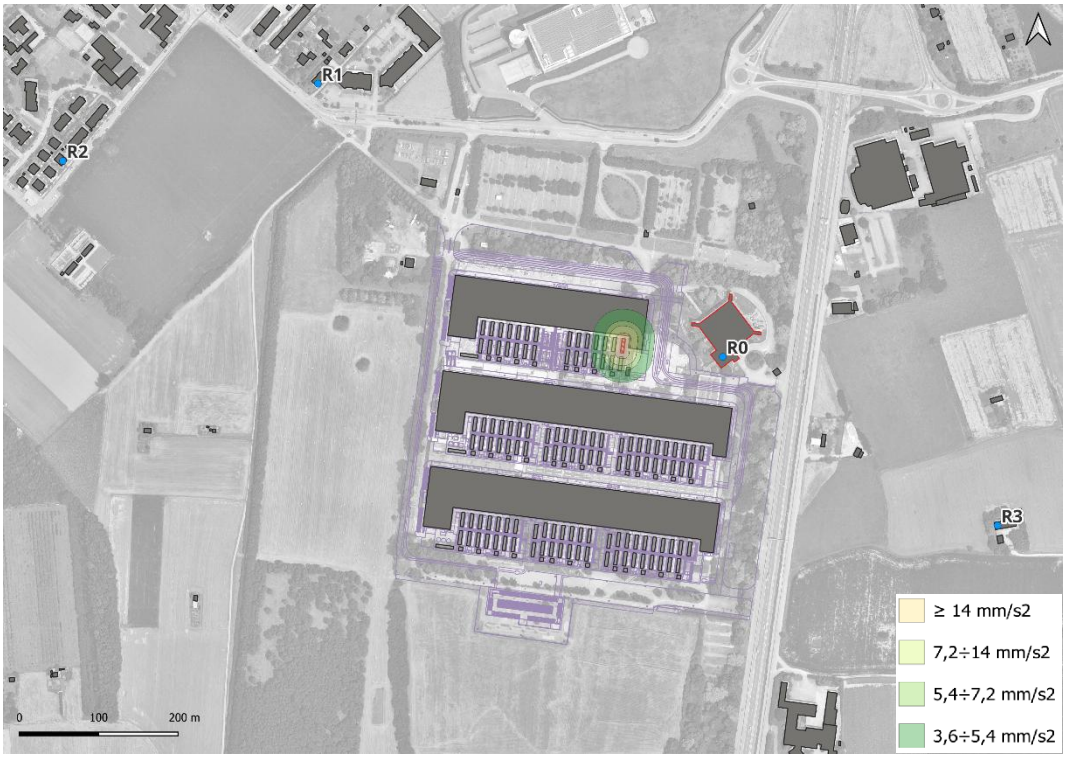


Figura 7-10 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 2

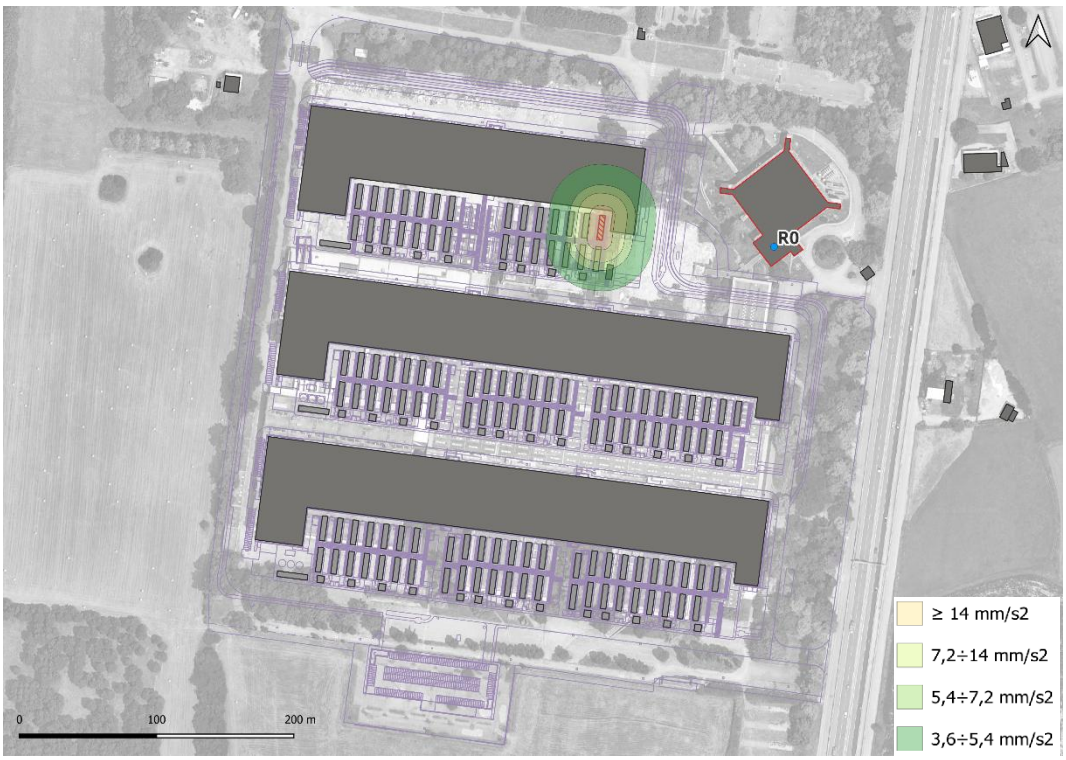


Figura 7-11 – Dettaglio ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 2

Fase di esercizio dei generatori – Scenario di test 3

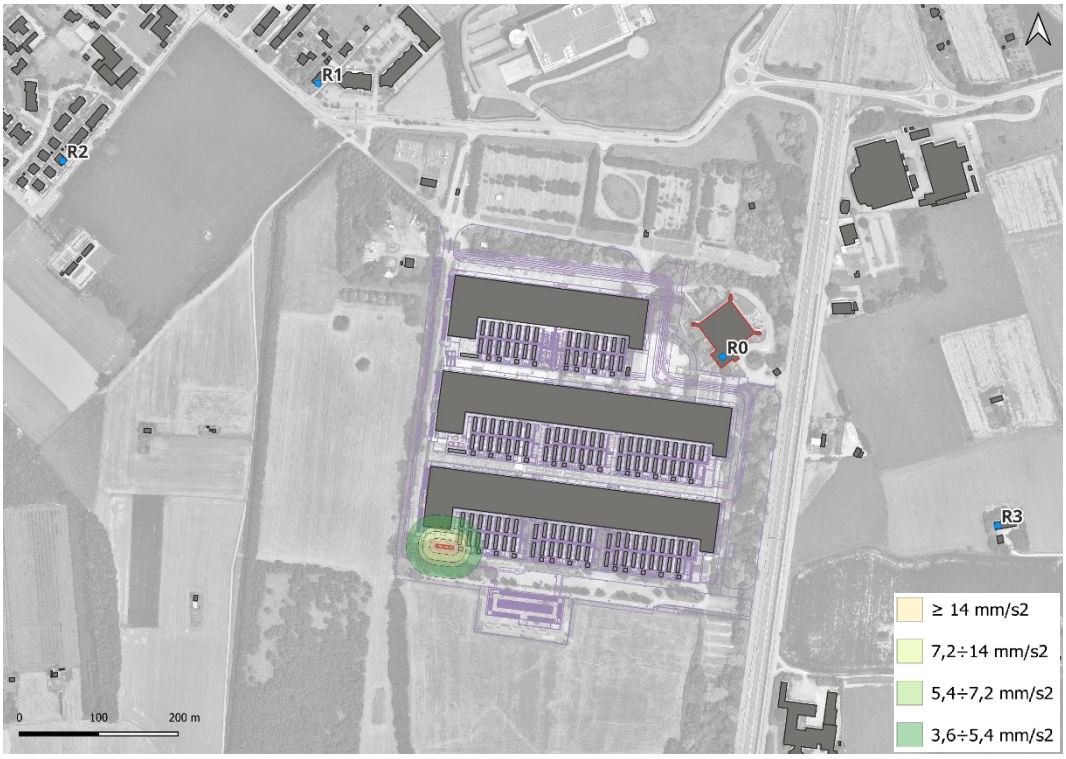


Figura 7-12 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 3

Figura 7-13 – Dettaglio ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 3

Fase di esercizio dei generatori – Scenario di test 4

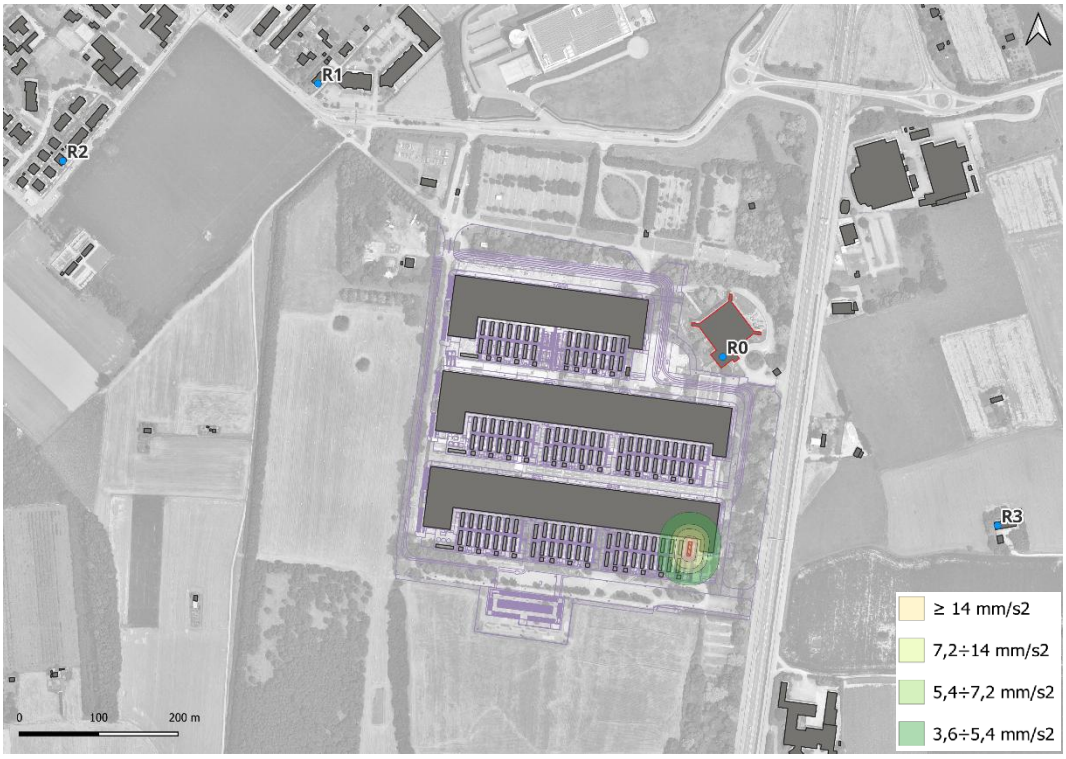


Figura 7-14 – Ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 4

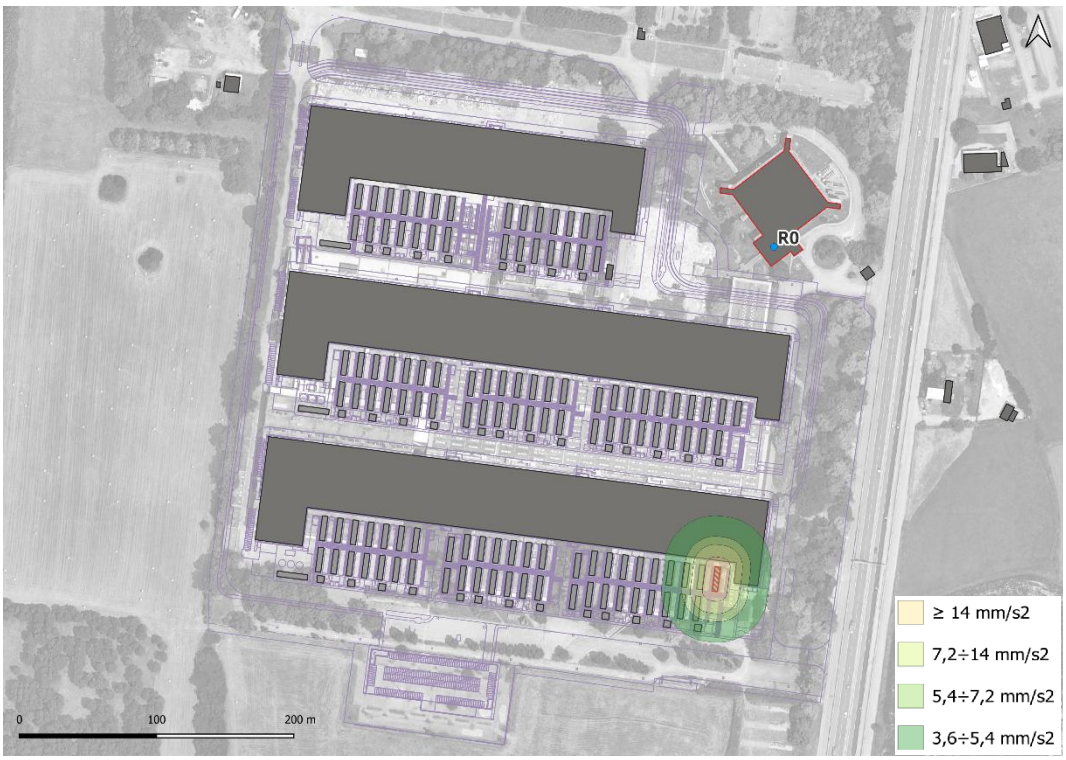


Figura 7-15 – Dettaglio ampiezza propagazione delle vibrazioni in fase di esercizio – Scenario di test 4

La tabella seguente riporta i valori di accelerazione stimati all'interno di ciascun ricettore in relazione ai diversi scenari di test analizzati, confrontati con i limiti previsti dalla normativa UNI 9614:2017 vigente.

Nome	Dest. D'uso	Distanza area cantiere m	Limite diurno mm/s²	Valore vibrazioni al ricettore mm/s²	Confronto con il limite del periodo diurno
Scenario di test 1					
R0	Ufficio	308,7	14	0,7	entro il limite
R1	Residenziale	384,2	7,2	0,6	entro il limite
R2	Residenziale	557,0	7,2	0,4	entro il limite
R3	Residenziale	688,8	7,2	0,4	entro il limite
Scenario di test 2					
R0	Ufficio	124,8	14	1,4	entro il limite
R1	Residenziale	500,6	7,2	0,5	entro il limite
R2	Residenziale	740,4	7,2	0,3	entro il limite
R3	Residenziale	519,5	7,2	0,4	entro il limite
Scenario di test 3					
R0	Ufficio	415,3	14	0,5	entro il limite
R1	Residenziale	599,3	7,2	0,4	entro il limite
R2	Residenziale	694,5	7,2	0,3	entro il limite
R3	Residenziale	686,8	7,2	0,4	entro il limite
Scenario di test 4					
R0	Ufficio	236,6	14	0,8	entro il limite
R1	Residenziale	743,1	7,2	0,3	entro il limite
R2	Residenziale	924,1	7,2	0,3	entro il limite
R3	Residenziale	386,1	7,2	0,6	entro il limite

In riferimento agli stralci cartografici riportati in precedenza e all'analisi dei ricettori presenti nell'ambito di studio dello stato di progetto, si evidenzia che nessun ricettore risulta compreso nell'area di propagazione delle vibrazioni con valori superiori ai limiti previsti per la rispettiva destinazione d'uso; pertanto, per tutti i ricettori si stima un livello di accelerazione conforme alle soglie di riferimento della norma UNI 9614:2017 per il periodo diurno, determinando un clima vibrazionale complessivamente conforme durante il funzionamento dei generatori elettrici.

7.2.3 Viabilità pertinente al data center

L'esercizio della viabilità determina limitate emissione di vibrazioni in fase di esercizio. Come noto le vibrazioni indotte dal passaggio di veicoli si esaurisce nella prossimità del limite della carreggiata e la loro variazione è funzione principalmente dello stato dello strato di usura della pavimentazione stradale. Pertanto, considerato le possibili limitate vibrazioni indotte dalla viabilità pertinente al sito ed il contesto territoriale in cui si colloca la viabilità, tale aspetto può essere considerato nel presente studio come trascurabile, raccomandando comunque la buona manutenzione della pavimentazione stradale ed evidenziando di seguito alcune raccomandazioni in fase di esercizio.

Allo scopo di ottimizzare il rapporto dell'opera nella fase di esercizio con l'ambiente circostante, si indicano delle possibili opere di mitigazioni, le quali potrebbero eventualmente essere messe in atto.

Per la riduzione delle vibrazioni associato alla fase di esercizio è necessario premettere che uno dei sistemi di mitigazione più efficienti è la manutenzione del manto stradale; la predisposizione di adeguati piani di manutenzione programmata del manto stradale nel corso della vita del sito, ne assicura la conservazione delle caratteristiche di continuità, evitando pertanto la formazione di discontinuità, ammaloramenti, ormaie o quant'altro possa determinare la generazione di azioni dinamiche in grado di sollecitare il corpo stradale ed il terreno sottostante, con conseguente propagazione laterale delle vibrazioni. È infatti evidente il ruolo svolto dalla rugosità del fondo stradale, e pertanto dalle sue condizioni di manutenzione, nella riduzione dell'entità delle vibrazioni trasmesse nel terreno circostante; tale evidenza fisica è rappresentata nella figura seguente, da cui si ricava che, a parità di altre condizioni, la cattiva manutenzione del fondo stradale può comportare un incremento, anche di un ordine di grandezza, dell'ampiezza delle vibrazioni trasmesse ad un edificio.

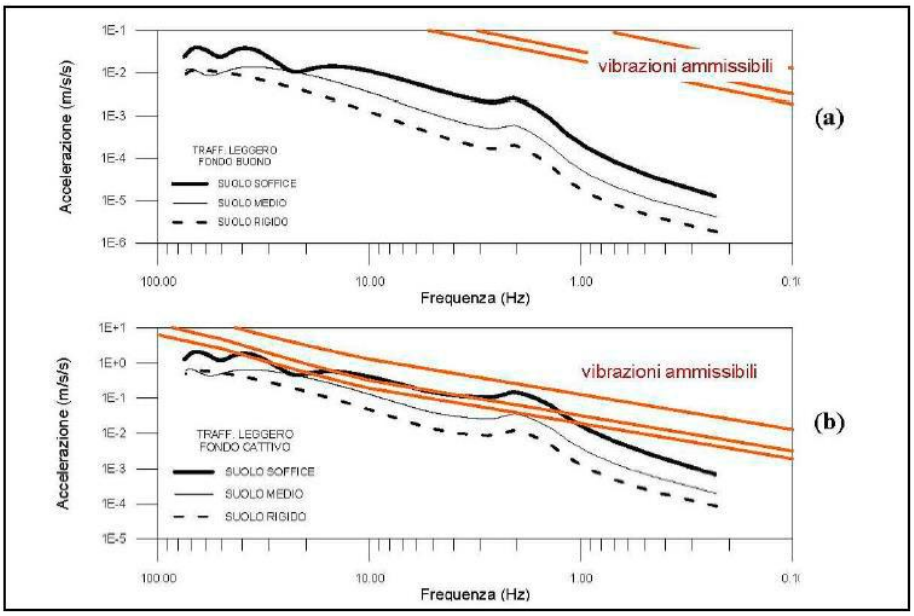


Figura 7-16 - Influenza della rugosità del fondo stradale - (a) fondo buono - (b) fondo scadente

Gli interventi di mitigazione delle vibrazioni eventuali possono essere suddivisi in due tipologie:

- Interventi di tipo passivo;
- Interventi di tipo attivo.

Gli interventi di tipo passivo consistono nella riduzione della propagazione delle vibrazioni introducendo degli ostacoli nel mezzo di propagazione delle stesse nel percorso tra la sorgente ed il ricettore. Interventi di tipo passivo possono essere trincee profonde o diaframmi realizzati nel terreno parallelamente alla strada, i quali interrompono la propagazione delle onde. I diaframmi possono essere realizzati verticalmente con spostamento del suolo (p.es. infissione setto prefabbricato), con mescolamento di suolo in situ (p.es. jet-grouting) o con asportazione del terreno (p.es. trincee profonde).

Gli interventi di tipo attivo hanno lo scopo di ridurre l'emissione della vibrazione sulla sorgente e possono prevedere interventi sulla piattaforma stradale. Gli interventi di tipo attivo possono essere relativi a platee di tipo flottante, con materassino elastomerico, oppure utilizzando manufatti flottanti in calcestruzzo armato, con sospensioni in gomma come piastre elastomeriche.

In generale, la soluzione prevede quindi che sia individuato il tipo di materassino antivibrante che si intende impiegare nell'opera e la sua integrazione nel pacchetto stradale. Da letteratura i materassini (elastomerici) hanno una densità da 100 a 600 kg/m^3, spessori da 20 a 50 mm e prestazioni di riduzione delle vibrazioni di almeno 10 dB. In applicazione in tratti allo scoperto la scelta dovrà prevedere materiali adatti per applicazione all'esterno.

8 CONCLUSIONI

Il presente studio ha riguardato la Valutazione Previsionale di Impatto Vibrazionale relativa alla realizzazione ed esercizio del data center costituito da tre edifici distinti nel Comune di Vimercate, in base alla norma UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo".

Lo scopo del presente studio è stata la verifica dei livelli all'interno dei recettori potenzialmente influenzati dalle emissioni di vibrazioni dell'impianto in esame, in riferimento alla UNI 9614:2017 e le eventuali misure di mitigazione realizzabili.

L'indagine dello stato attuale individua un'area in cui le emissioni delle vibrazioni attuali rispettano i limiti previsti dalla UNI 9614:2017. Ai fini della verifica dell'impatto delle vibrazioni in fase di progetto è stato sviluppato un modello previsionale per valutare i livelli di vibrazione generati dal data center nel suo funzionamento a regime che comprende anche le operazioni di test di verifica dei generatori di emergenza.

Per quanto riguarda i chiller installati in copertura, si può ritenere che, qualora siano posizionati su sistemi antivibranti appropriati e collegati alle reti impiantistiche tramite giunti flessibili, essi non costituiscano sorgenti significative di vibrazione alla base dell'edificio, né generino livelli vibrazionali tali da risultare percepibili o da propagarsi nel terreno circostante.

Per quanto riguarda le accensioni dei generatori in situazioni d'emergenza, in analogia alla componete ambientale rumore, le emissioni in queste condizioni non rientrano nella presente valutazione non essendo soggette a limiti normativi acustici come previsto dalle Linee Guida MASE D.D. VA n. 257 del 02/08/2024 al punto iii) del paragrafo 2.10 Rumore.

Il test di verifica è effettuato attivando temporalmente un generatore per volta e mai uno o più contemporaneamente. L'analisi mostra che i limiti saranno comunque rispettati durante il regolare funzionamento dei data center, test di verifica dei generatori di emergenza inclusi.

Al fine di valutare le emissioni di vibrazione in fase di esercizio, la funzione di trasferimento è stata definita assumendo che lo spettro di emissione vibrazionale di un generatore elettrico diesel installato in box insonorizzato sia assimilabile a quello di un autocarro.

Sono stati pertanto analizzati i livelli ottenuti, attraverso la valutazione di mappe rappresentati le isolivello di vibrazione e le eventuali interferenze coi ricettori. Sulla base di quanto emerso, si conclude che: il contributo delle emissioni delle vibrazioni dell'impianto date center in fase in esercizio, presso i ricettori risulta entro i limiti previsti dalla norma e pertanto conforme a quanto previsto dalla norma UNI 9614:2017, sia in periodo diurno, sia in periodo notturno.

Per la fase di cantiere, la valutazione è stata condotta su due scenari di lavoro, definiti considerando la massima sovrapposizione delle lavorazioni previste, al fine di rappresentare cautelativamente la configurazione operativa. Gli scenari individuati sono i seguenti:

- Scenario 01: scavo, movimentazione terre, costruzione cavidotto;

- Scenario 02: costruzione cavidotto, costruzione e allestimento dei fabbricati, costruzione linea AT, costruzione sottostazione elettrica.

Come già precedentemente indicato, per la valutazione delle lavorazioni di cantiere è stata applicata la metodologia del "*Worst Case Scenario*". Questo permette di valutare le condizioni di esposizione alle vibrazioni indotte dalle attività di cantiere e di verificare il rispetto dei limiti della norma UNI 9614:2017 nelle condizioni operative più gravose sul territorio, che nel caso positivo, permettono di accertare una condizione di rispetto anche nelle situazioni meno critiche.

In entrambi, le operazioni propedeutiche alla realizzazione dei corpi di fabbrica e dei relativi servizi di supporto risultano conformi ai limiti normativi per i ricettori residenziali della zona (R1, R2, R3), mentre per il ricettore ad uso ufficio (R0) confinante con l'area di progetto si riscontrano possibili superamenti dei livelli previsti dalla norma UNI 9614:2017. Va evidenziato che le ipotesi assunte per il modello vibrazionale sono fortemente cautelative poiché tutte le sorgenti emissive presenti all'interno dei cantieri fissi sono ipotizzate di tipo puntuale, attive contemporaneamente e concentrate sul perimetro dell'area di cantiere.

In termini di disturbo alle persone va evidenziato come in generale tutte le lavorazioni che danno origine a vibrazioni e che potrebbero arrecare disturbo ai residenti, prossimi alle aree di lavoro, si svolgono in orario diurno. In termini di severità, l'impatto atteso si estenderà alla sola limitata durata dei lavori e sarà, quindi, limitato nel tempo.

Per tale motivo si ritiene opportuno prevedere opportune mitigazioni, quali la conduzione dei mezzi in cantiere con diligenza, in modo da evitare la generazione di vibrazioni non utili al ciclo di lavoro, oltre al coordinamento delle lavorazioni in funzione della fruizione del ricettore.

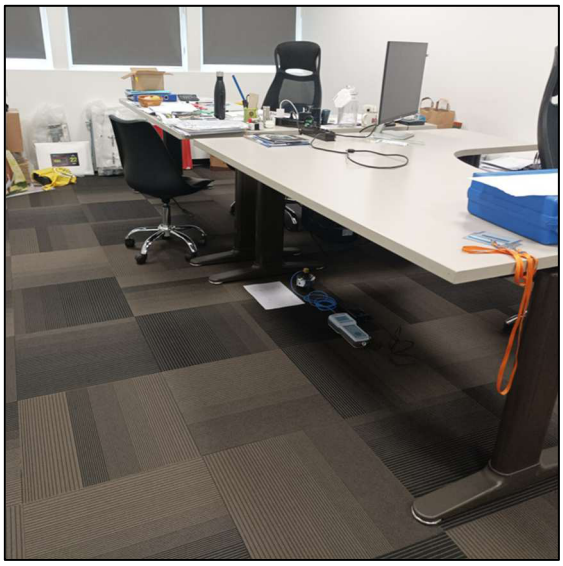
Considerato l'impatto del cantiere, con particolare riferimento agli scenari più critici dal punto di vista dell'impatto vibrazionale, sarà necessario che l'appaltatore predisponga piano di gestione delle vibrazioni di cantiere per attività temporanea che comporta l'utilizzo di macchinari o impianti che prevedono il superamento dei limiti.

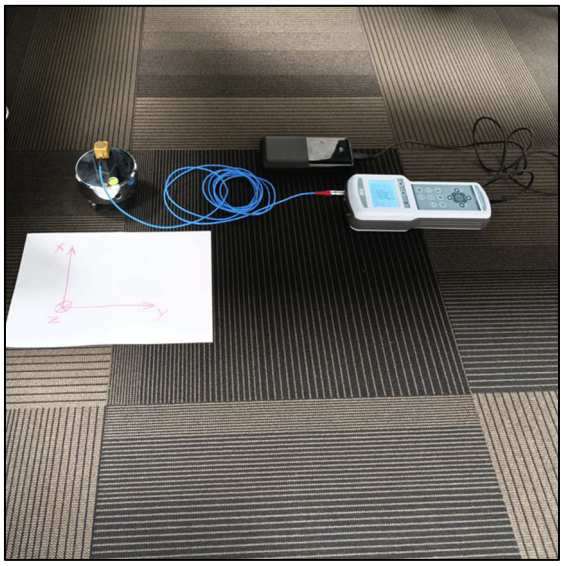
Allegato 1 – Certificati misure vibrometriche

MISURA DI VIBRAZIONI - UNI 9614:2017

Postazione:	**C0**
Indirizzo:	**Via Lecco (45°37'48.35"N; 9°21'39.08"E)**
Data e ora inizio rilevazione:	**dal 25.02.26 ore 12:22 al 26.02.26 ore 12:22**
Strumentazione impiegata:	**DeltaOHM HD2070 matricola 21042230541**
Tecnico	**Raffaele Abate**

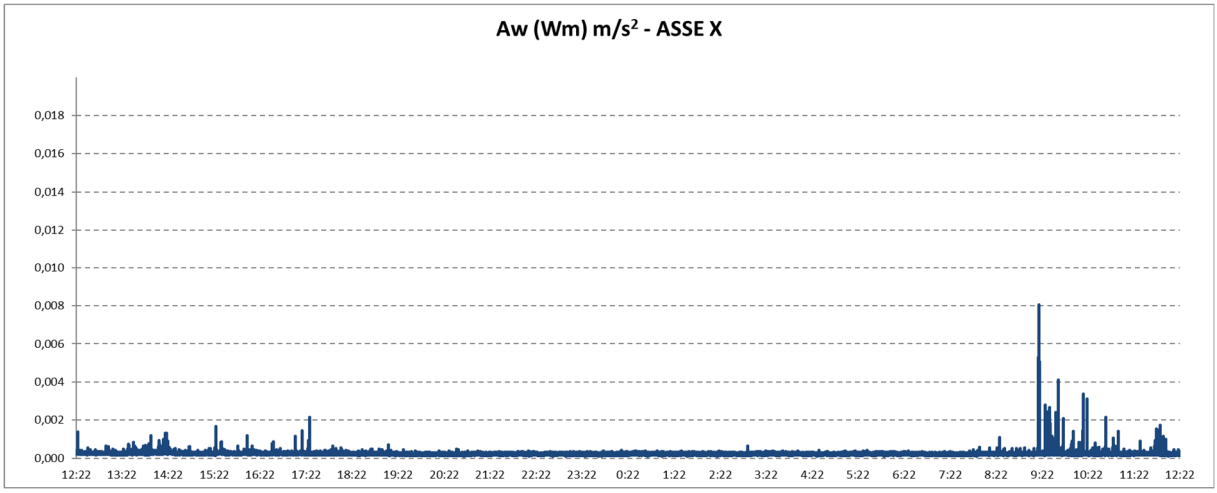
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E LOCALIZZAZIONE SITO DI INDAGINE

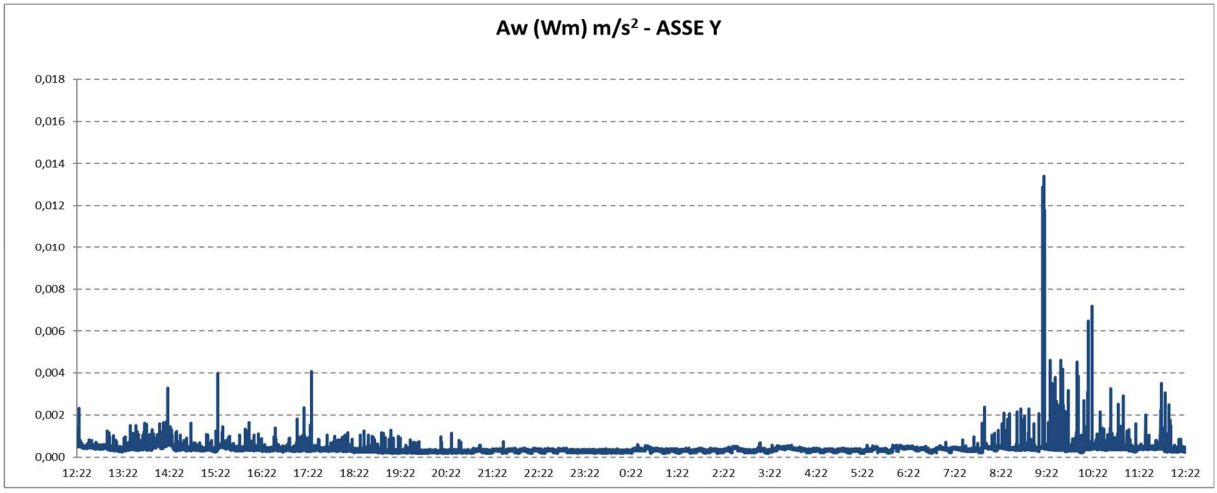


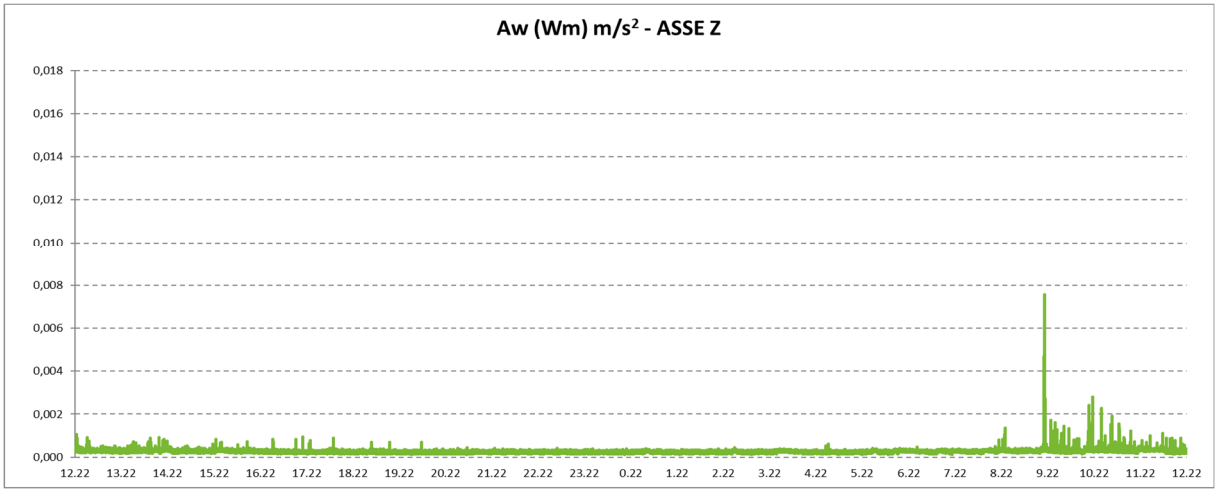


TIME HYSTORY – ASSE X, ASSE Y e ASSE Z

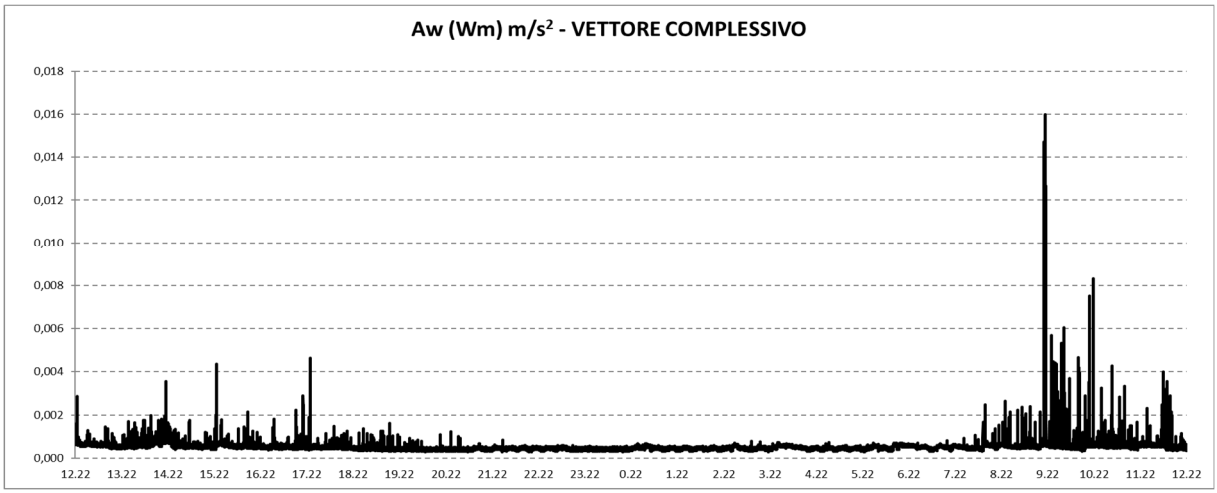
Impostazione acquisizione: campionamento al secondo (1s) contemporaneamente sui tre assi ortogonali con terna accelerometrica, filtro di ponderazione Wm.







TIME HISTORY – VETTORE COMPLESSIVO



VETTORE IMMISSIONE (Vimm) - PERIODO DIURNO

Valore di Immissione - Valutazione eventi periodo diurno (Massimo valore di accelerazione caratterizzante il periodo)			
Eventi di riferimento	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vimm DIU aw 95** (m/s^2)
Identificati 500 eventi nel periodo di riferimento	0,0020	0,0010	0,0038

VETTORE IMMISSIONE (Vimm) - PERIODO NOTTURNO

Valore di Immissione - Valutazione eventi periodo notturno (Massimo valore di accelerazione caratterizzante il periodo)			
Eventi di riferimento	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vimm NOT aw 95** (m/s^2)
Identificati 250 eventi nel periodo di riferimento	0,0006	0,0000	0,0007

VETTORE RESIDUO (Vres)

Valore di Residuo - Valutazione eventi (Massimo valore di residuo)			
Eventi di riferimento (determinato con eventi identificati in assenza di traffico veicolare e/o altri sorgenti)	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vres aw 95** (m/s^2)
Periodo diurno: identificati 500 eventi assimilati a vibrazioni residue	0,0003	0,0000	0,0003
Periodo notturno: identificati 250 eventi assimilati a vibrazioni residue	0,0003	0,0000	0,0003

VETTORE SORGENTE (Vsorg)

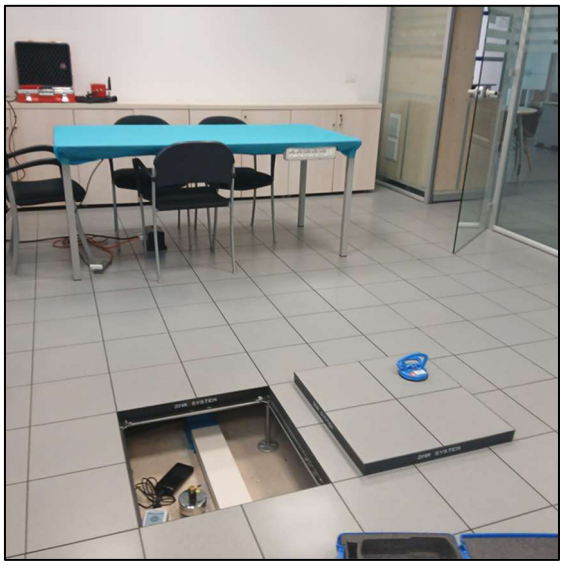
Valore di riferimento proposto: UNI 9614:2017 "Misure delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" per abitazioni (diurno: 6:00 - 22:00) confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento (periodo diurno: 7,2 mm/s^2), per abitazioni (notte: 22:00 - 6:00) confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento (periodo notturno: 3,6 mm/s^2), per luoghi di lavoro confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento: 14 mm/s^2; ospedali, case di cura ed affini: 2 mm/s^2; asili e case di riposo: 3,6 mm/s^2; scuole e università: 5,4 mm/s^2.

Valutazione del disturbo secondo la normativa UNI 9614:2017			
Periodo di riferimento	**Vsorg**		**Valutazione**
	m/s^2	mm/s^2	
Diurno	0,0038	3,8	Valore misurato inferiore al limite int. per luoghi di lavoro pari a 14,0 mm/s^2
Notturno	0,0006	0,6	Valore misurato inferiore al limite int. per luoghi di lavoro pari a 14,0 mm/s^2

MISURA DI VIBRAZIONI - UNI 9614:2017

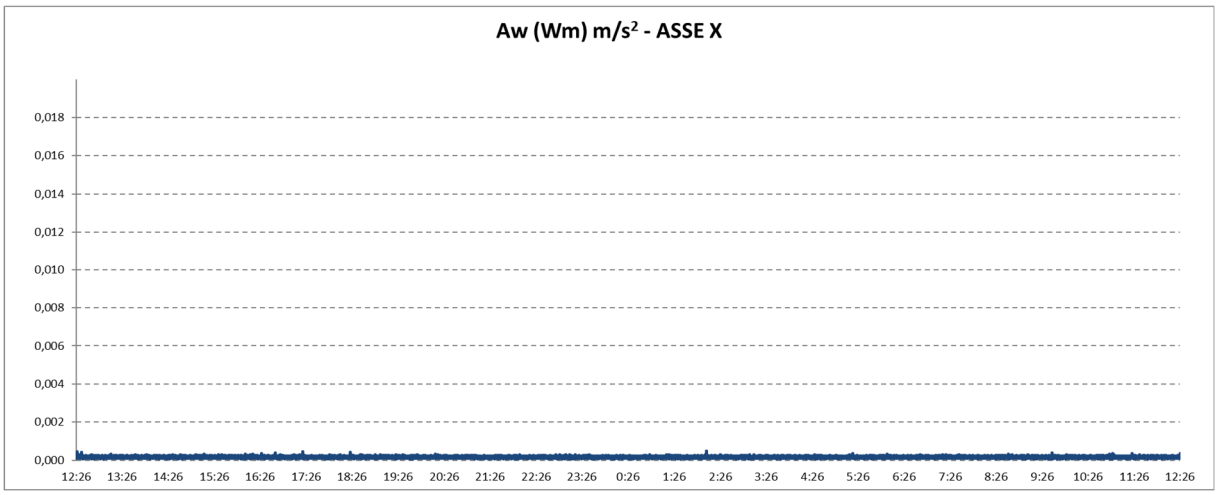
Postazione:	**R1**
Indirizzo:	**Via John Fitzgerald Kennedy (45°38'0.27"N; 9°21'21.53"E)**
Data e ora inizio rilevazione:	**dal 19.02.26 ore 12:26 al 20.02.26 ore 12:26**
Strumentazione impiegata:	**DeltaOHM HD2070 matricola 21042230541**
Tecnico	**Raffaele Abate**

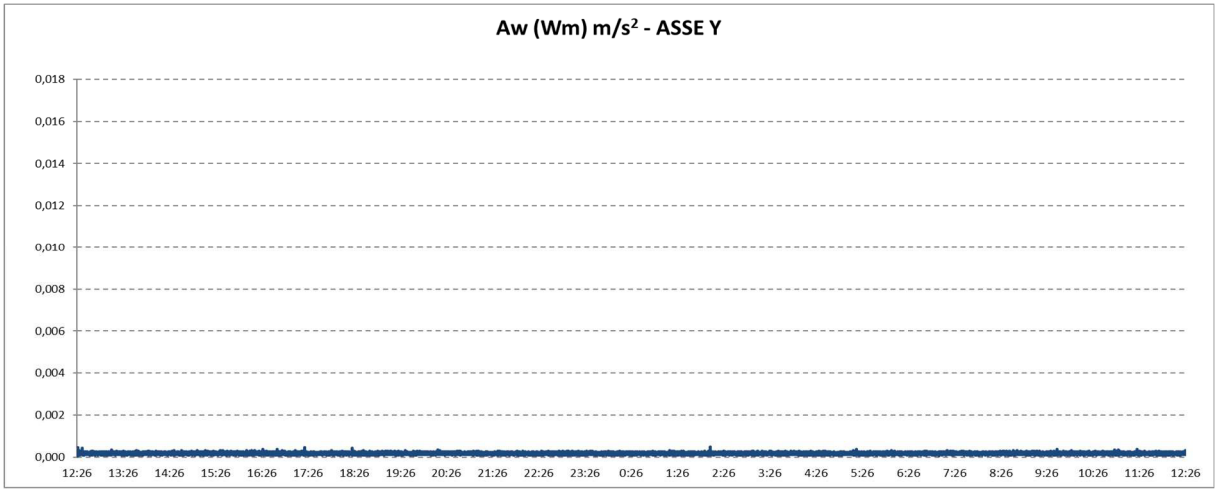
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E LOCALIZZAZIONE SITO DI INDAGINE

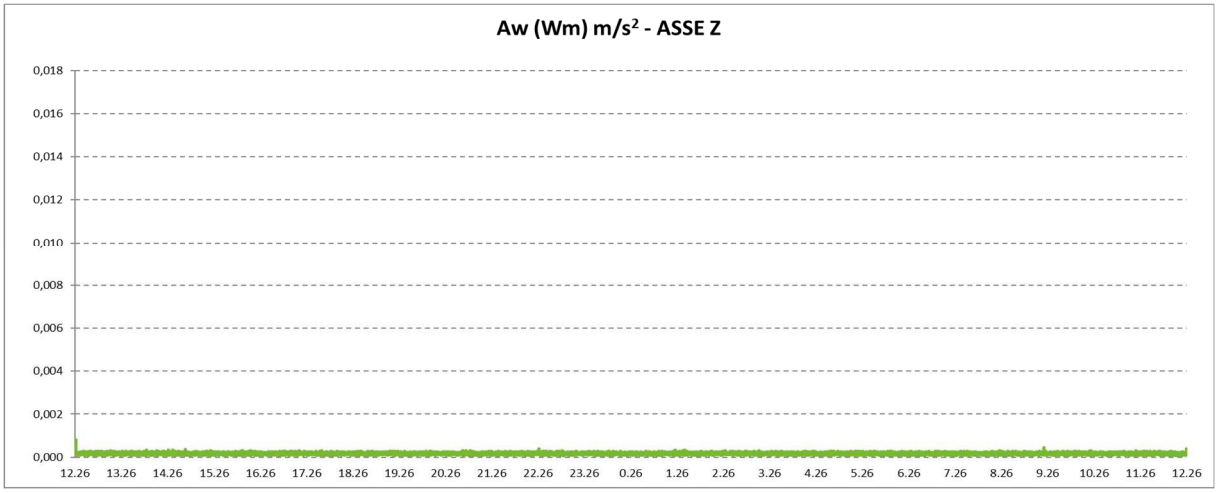


TIME HYSTORY – ASSE X, ASSE Y e ASSE Z

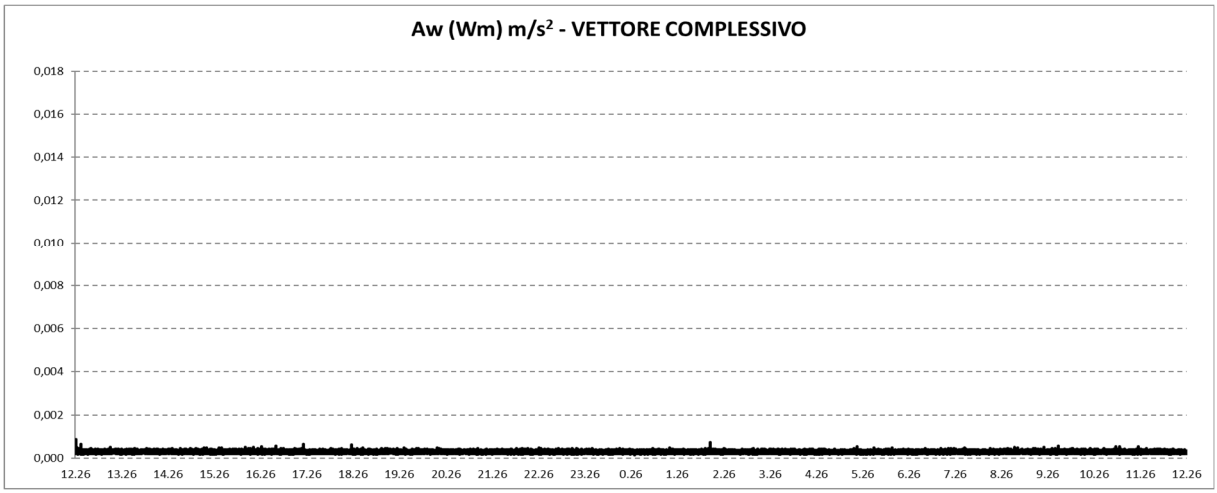
Impostazione acquisizione: campionamento al secondo (1s) contemporaneamente sui tre assi ortogonali con terna accelerometrica, filtro di ponderazione Wm.







TIME HISTORY – VETTORE COMPLESSIVO



VETTORE IMMISSIONE (Vimm) - PERIODO DIURNO

Valore di Immissione - Valutazione eventi periodo diurno (Massimo valore di accelerazione caratterizzante il periodo)			
Eventi di riferimento	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vimm DIU aw 95** (m/s^2)
Identificati 500 eventi nel periodo di riferimento	0,0004	0,0000	0,0005

VETTORE IMMISSIONE (Vimm) - PERIODO NOTTURNO

Valore di Immissione - Valutazione eventi periodo notturno (Massimo valore di accelerazione caratterizzante il periodo)			
Eventi di riferimento	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vimm NOT aw 95** (m/s^2)
Identificati 250 eventi nel periodo di riferimento	0,0004	0,0000	0,0004

VETTORE RESIDUO (Vres)

Valore di Residuo - Valutazione eventi (Massimo valore di residuo)			
Eventi di riferimento (determinato con eventi identificati in assenza di traffico veicolare e/o altri sorgenti)	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vres aw 95** (m/s^2)
Periodo diurno: identificati 500 eventi assimilati a vibrazioni residue	0,0002	0,0000	0,0002
Periodo notturno: identificati 250 eventi assimilati a vibrazioni residue	0,0002	0,0000	0,0002

VETTORE SORGENTE (Vsorg)

Valore di riferimento proposto: UNI 9614:2017 "Misure delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" per abitazioni (diurno: 6:00 - 22:00) confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento (periodo diurno: 7,2 mm/s^2), per abitazioni (notte: 22:00 - 6:00) confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento (periodo notturno: 3,6 mm/s^2), per luoghi di lavoro confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento: 14 mm/s^2; ospedali, case di cura ed affini: 2 mm/s^2; asili e case di riposo: 3,6 mm/s^2; scuole e università: 5,4 mm/s^2.

Valutazione del disturbo secondo la normativa UNI 9614:2017			
Periodo di riferimento	**Vsorg**		**Valutazione**
	m/s^2	mm/s^2	
Diurno	0,0004	0,4	Valore misurato inferiore al limite int. per luoghi di lavoro pari a 14,0 mm/s^2
Notturno	0,0004	0,4	Valore misurato inferiore al limite int. per luoghi di lavoro pari a 14,0 mm/s^2

Allegato 2 – Certificati strumentazione

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36168-V

- data di emissione *date of issue*	2025-07-25
- cliente *customer*	AMBIENTE S.R.L. 54033 - CARRARA (MS)
- destinatario *receiver*	AMBIENTE S.R.L. 54033 - CARRARA (MS)

Si riferisce a
Referring to

- oggetto *item*	Calibratore Accelerometrico
- costruttore *manufacturer*	Tenlee
- modello *model*	VC-01
- matricola *serial number*	901009
- data di ricevimento oggetto *date of receipt of item*	2025-07-25
- data delle misure *date of measurements*	2025-07-25
- registro di laboratorio *laboratory reference*	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento n. 00268 Calibration che attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI) in conformità ai requisiti della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. L'accreditamento è rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT).

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation n 00268 Calibration attesting the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI) in compliance with requirements of ISO/IEC 17025. The accreditation is granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.
The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla ISO/IEC Guide 98-3 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.
The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98-3 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)

.....

Firmato digitalmente da:
EMILIO GIOVANNI CAGLIO
Data: 30/07/2025 10:31:12

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36168-V

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:
- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- una dichiarazione che identifichi in quale modo le misure sono metrologicamente riferibili;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:
- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- a statement identifying how the measurements are metrologically traceable;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and enviromental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Il presente Certificato di Taratura viene rilasciato in conformità alle prescrizioni dell'accreditamento concesso da ACCREDIA che ha valutato le capacità di taratura e misura del Laboratorio LAT n. 00268 e la sua riferibilità delle misure al sistema di unità SI o, nel caso questo non sia tecnicamente possibile, ad altri riferimenti accettati a livello internazionale.

Strumenti sottoposti a verifica
Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Calibratore Accelerometrico	Tenlee	VC-01	901009

Procedure tecniche e norme
Technical procedures and standards

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. PR 22 Rev. 5.
Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con il metodo interno di taratura per confronto con accelerometro tarato secondo la ISO 16063-21:2003.

Condizioni ambientali durante le misure
Enviromental parameters during measurements

Parametro	Di riferimento	Intervallo di validità	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura / °C	23	da 18 a 28	25	25
Umidità / %	50	da 0 a 75	53	53
Pressione / hPa	1013	da 800 a 1050	992	992

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36168-V

1. Ispezione preliminare

Durante questa fase vengono eseguiti i controlli preliminari sulla strumentazione in taratura. I risultati di tali controlli sono riportati nella tabella sottostante.

Controllo	Esito
Ispezione visiva iniziale	OK
Integrità meccanica	OK
Integrità funzionale	OK
Equilibrio termico	OK
Alimentazione	OK
Luogo di taratura	SEDE

2. Misurando, modalità e condizioni di misura

Il misurando è il livello di accelerazione RMS generato, la sua stabilità, frequenza e relativa stabilità e distorsione totale. Il livello di accelerazione generato è calcolato come il rapporto tra la tensione in uscita dalla catena di riferimento e la sensibilità della catena di riferimento stessa. La taratura per la determinazione dell'ampiezza dell'accelerazione, è stata eseguita tramite il metodo del confronto con la catena di riferimento.

3. Livello di accelerazione generato

In questa prova viene verificato il livello di accelerazione generato e la sua stabilità in ampiezza.

Livello nominale m/s²	Livello generato m/s²	Errore %	Massa applicata g	Stabilità livello %	Incertezza %
9,80	9,79	-0,08	10,8	0,40	0,80
9,80	9,86	0,65	64,5	0,12	0,80

4. Frequenza del livello generato

In questa prova viene verificata la frequenza del segnale generato e la relativa stabilità.

Frequenza nominale Hz	Frequenza generata Hz	Errore %	Massa applicata g	Stabilità frequenza %	Incertezza Hz
159,16	159,20	0,03	10,8	0,00	0,04
159,16	159,20	0,03	64,5	0,00	0,04

5. Distorsione del livello generato

In questa prova viene misurata la distorsione totale del segnale generato dal calibratore.

Livello nominale m/s²	Livello generato m/s²	Distorsione %	Massa applicata g	Incertezza %
9,80	9,79	2,90	10,8	0,12
9,80	9,86	0,54	64,5	0,12

Fine del certificato
End of certificate

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36218-V

- data di emissione *date of issue*	2025-07-31
- cliente *customer*	AMBIENTE S.R.L. 54033 - CARRARA (MS)
- destinatario *receiver*	AMBIENTE S.R.L. 54033 - CARRARA (MS)

Si riferisce a
Referring to

- oggetto *item*	Misuratore + Accelerometro
- costruttore *manufacturer*	Delta Ohm + PCB Piezotronics
- modello *model*	HD2070 + 356B18
- matricola *serial number*	21042030541 + LW307423
- data di ricevimento oggetto *date of receipt of item*	2025-07-30
- data delle misure *date of measurements*	2025-07-31
- registro di laboratorio *laboratory reference*	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento n. 00268 Calibration che attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI) in conformità ai requisiti della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. L'accreditamento è rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT).

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation n 00268 Calibration attesting the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI) in compliance with requirements of ISO/IEC 17025. The accreditation is granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.
The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla ISO/IEC Guide 98-3 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.
The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98-3 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)

.....

Firmato digitalmente da:
EMILIO GIOVANNI CAGLIO
Data: 04/08/2025 12:09:41

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36218-V

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:
- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- una dichiarazione che identifichi in quale modo le misure sono metrologicamente riferibili;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:
- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- a statement identifying how the measurements are metrologically traceable;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and enviromental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Il presente Certificato di Taratura viene rilasciato in conformità alle prescrizioni dell'accreditamento concesso da ACCREDIA che ha valutato le capacità di taratura e misura del Laboratorio LAT n. 00268 e la sua riferibilità delle misure al sistema di unità SI o, nel caso questo non sia tecnicamente possibile, ad altri riferimenti accettati a livello internazionale.

Strumenti sottoposti a verifica
Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Misuratore	Delta Ohm	HD2070	21042030541
Accelerometro	PCB Piezotronics	356B18	LW307423

Procedure tecniche e norme
Technical procedures and standards

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. PR 25 Rev.3.
Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con quanto previsto dalla norma ISO 8041:2017 paragrafo 14.
Le tolleranze riportate sono relative alla classe di appartenenza dello strumento come definito nella norma ISO 8041:2017.

Condizioni ambientali durante le misure
Enviromental parameters during measurements

Parametro	Di riferimento	Intervallo di validità	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura / °C	23	da 18 a 28	24	24
Umidità / %	50	da 0 a 75	42	42
Pressione / hPa	1013	da 800 a 1050	992	992

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36218-V

1. Ispezione preliminare

Durante questa fase vengono eseguiti i controlli preliminari sulla strumentazione in taratura. I risultati di tali controlli sono riportati nella tabella sottostante.

Controllo	Esito
Ispezione visiva iniziale	OK
Integrità meccanica	OK
Integrità funzionale	OK
Equilibrio termico	OK
Alimentazione	OK
Luogo di taratura	SEDE

2. Misurando, modalità e condizioni di misura

Il misurando è l'accelerazione letta sullo strumento in taratura. La taratura è stata eseguita applicando il metodo di confronto con la catena di riferimento.

Impostazioni			
	Asse X	Asse Y	Asse Z
Metodo di fissaggio	colla cianoacrilica	colla cianoacrilica	colla cianoacrilica
Coppia di serraggio	non applicabile	non applicabile	non applicabile
Materiale supporto	acciaio inox	acciaio inox	acciaio inox
Orientamento trasduttore	orizzontale	orizzontale	orizzontale
Temperatura stimata trasduttore	23,6 °C	23,6 °C	23,6 °C
Range	00 dB	00 dB	00 dB
Pesatura in frequenza	Wm	Wm	Wm

3. Sensibilità dell'intera catena

Nella tabella sottostante viene riportato il valore di sensibilità dell'intera catena alla frequenza specificata. Viene specificata sia la sensibilità letta prima della messa in punto sia dopo la messa in punto.
L'incertezza riportata in tabella è uguale a 2,5 % + r % eccedente a 0.5, dove r è il contributo della risoluzione dello strumento in taratura.

Asse	Frequenza / Hz	Sensibilità iniziale / mV/g	Sensibilità finale / mV/g	Ritarato	Incertezza / %
Asse X	16	974,9	974,9	no	2,5
Asse Y	16	966,0	966,0	no	2,5
Asse Z	16	934,2	934,2	no	2,5

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36218-V

4. Risposta dell'intera catena

Le tolleranze riportate sono quelle della norma ISO 8041:2017.
L'incertezza riportata in tabella è uguale a 2,5 % + r % eccedente a 0.5, dove r è il contributo della risoluzione dello strumento in taratura.

Asse X

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s²	Lettura strumento / m/s²	Differenza / %	Incertezza / %	Tolleranza norma / %
2	1,0	0,928	0,9313	0,4	2,5	+12/-11
8	1,0	0,575	0,5734	-0,2	2,5	+12/-11
16	0,1	0,033	0,0327	-1,2	2,5	+6/-6
16	1,0	0,327	0,3239	-0,9	2,5	+6/-6
16	10,0	3,288	3,250	-1,2	2,5	+6/-6
63	1,0	0,084	0,0826	-1,2	2,5	+12/-11

Asse Y

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s²	Lettura strumento / m/s²	Differenza / %	Incertezza / %	Tolleranza norma / %
2	1,0	0,927	0,9400	1,4	2,5	+12/-11
8	1,0	0,575	0,5861	1,9	2,5	+12/-11
16	0,1	0,033	0,0334	0,9	2,5	+6/-6
16	1,0	0,327	0,3311	1,2	2,5	+6/-6
16	10,0	3,288	3,322	1,0	2,5	+6/-6
63	1,0	0,084	0,0844	1,1	2,5	+12/-11

Asse Z

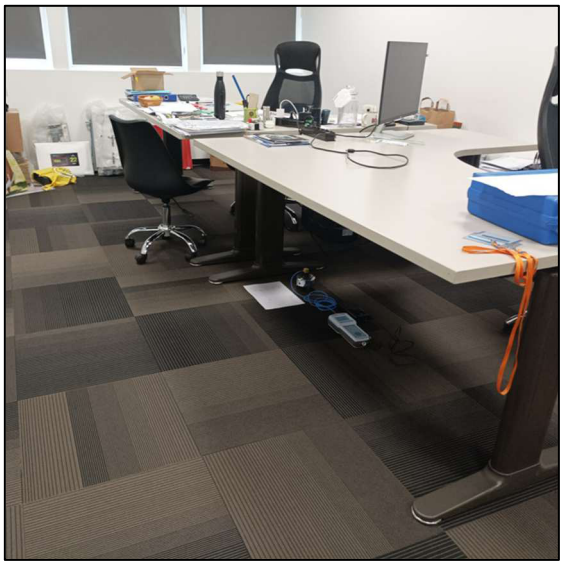
Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s²	Lettura strumento / m/s²	Differenza / %	Incertezza / %	Tolleranza norma / %
2	1,0	0,925	0,9234	-0,2	2,5	+12/-11
8	1,0	0,576	0,5787	0,5	2,5	+12/-11
16	0,1	0,033	0,0326	0,0	2,5	+6/-6
16	1,0	0,327	0,3262	-0,2	2,5	+6/-6
16	10,0	3,293	3,288	-0,1	2,5	+6/-6
63	1,0	0,084	0,0834	-0,1	2,5	+12/-11

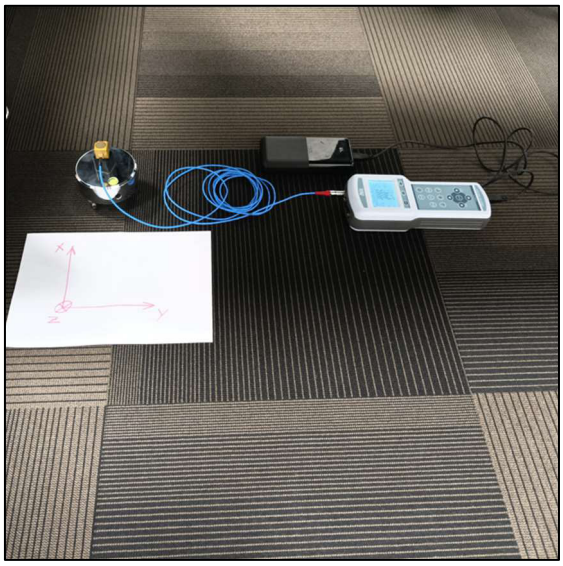
Fine del certificato
End of certificate

MISURA DI VIBRAZIONI - UNI 9614:2017

Postazione:	**C0**
Indirizzo:	**Via Lecco (45°37'48.35"N; 9°21'39.08"E)**
Data e ora inizio rilevazione:	**dal 25.02.26 ore 12:22 al 26.02.26 ore 12:22**
Strumentazione impiegata:	**DeltaOHM HD2070 matricola 21042230541**
Tecnico	**Raffaele Abate**

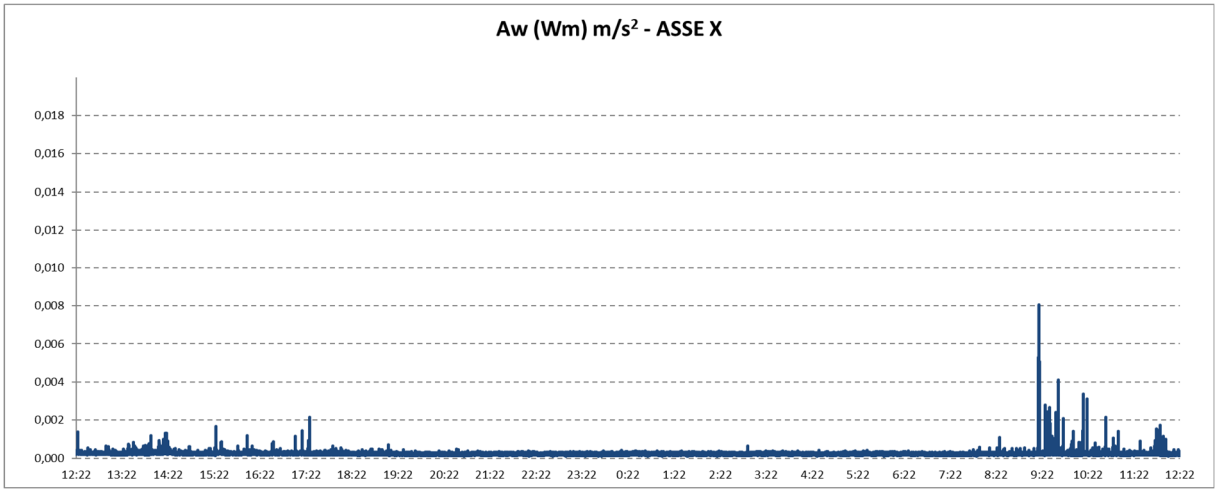
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E LOCALIZZAZIONE SITO DI INDAGINE

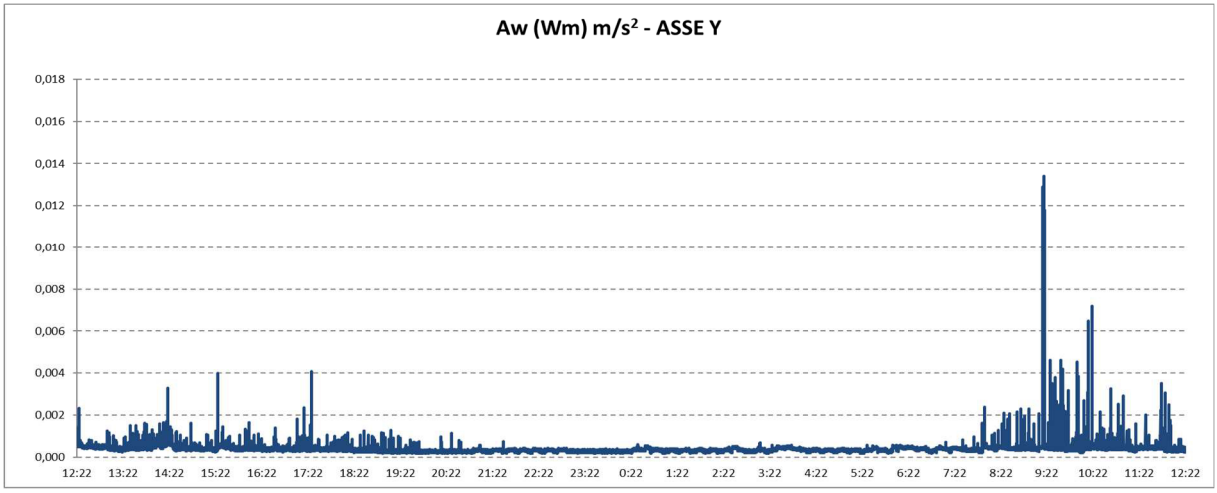


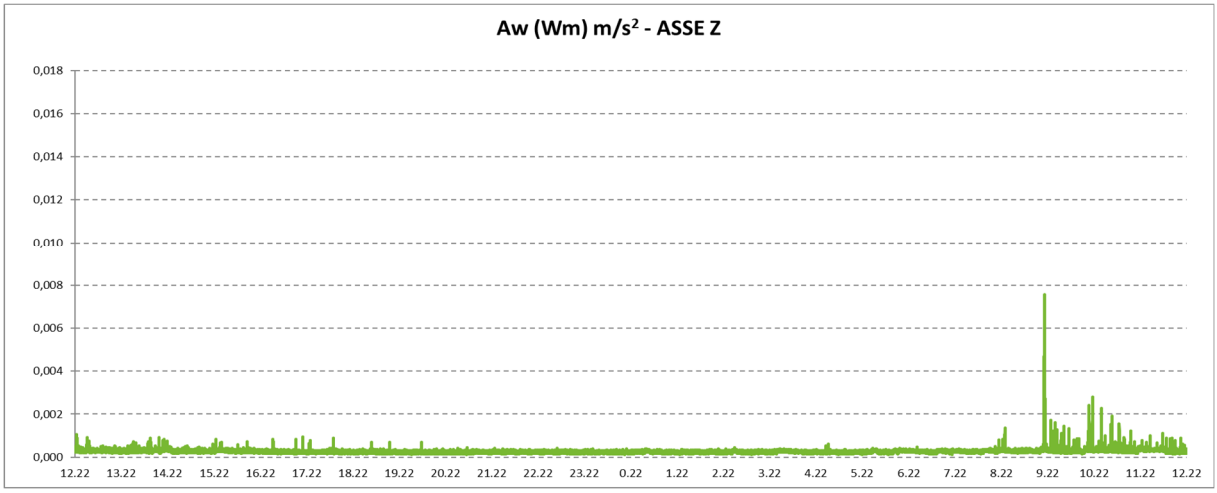


TIME HYSTORY – ASSE X, ASSE Y e ASSE Z

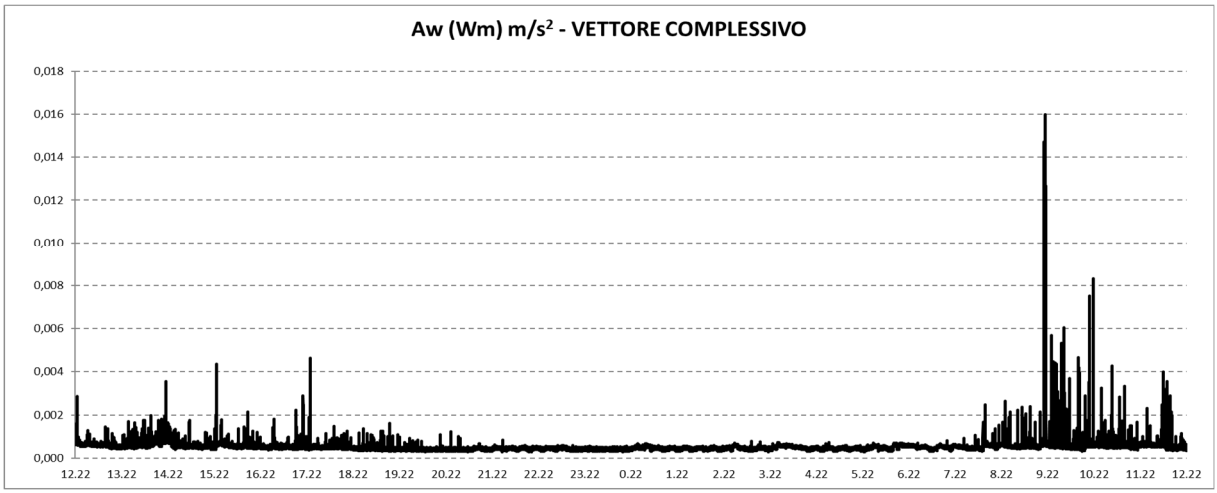
Impostazione acquisizione: campionamento al secondo (1s) contemporaneamente sui tre assi ortogonali con terna accelerometrica, filtro di ponderazione Wm.







TIME HISTORY – VETTORE COMPLESSIVO



VETTORE IMMISSIONE (Vimm) - PERIODO DIURNO

Valore di Immissione - Valutazione eventi periodo diurno (Massimo valore di accelerazione caratterizzante il periodo)			
Eventi di riferimento	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vimm DIU aw 95** (m/s^2)
Identificati 500 eventi nel periodo di riferimento	0,0020	0,0010	0,0038

VETTORE IMMISSIONE (Vimm) - PERIODO NOTTURNO

Valore di Immissione - Valutazione eventi periodo notturno (Massimo valore di accelerazione caratterizzante il periodo)			
Eventi di riferimento	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vimm NOT aw 95** (m/s^2)
Identificati 250 eventi nel periodo di riferimento	0,0006	0,0000	0,0007

VETTORE RESIDUO (Vres)

Valore di Residuo - Valutazione eventi (Massimo valore di residuo)			
Eventi di riferimento (determinato con eventi identificati in assenza di traffico veicolare e/o altri sorgenti)	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vres aw 95** (m/s^2)
Periodo diurno: identificati 500 eventi assimilati a vibrazioni residue	0,0003	0,0000	0,0003
Periodo notturno: identificati 250 eventi assimilati a vibrazioni residue	0,0003	0,0000	0,0003

VETTORE SORGENTE (Vsorg)

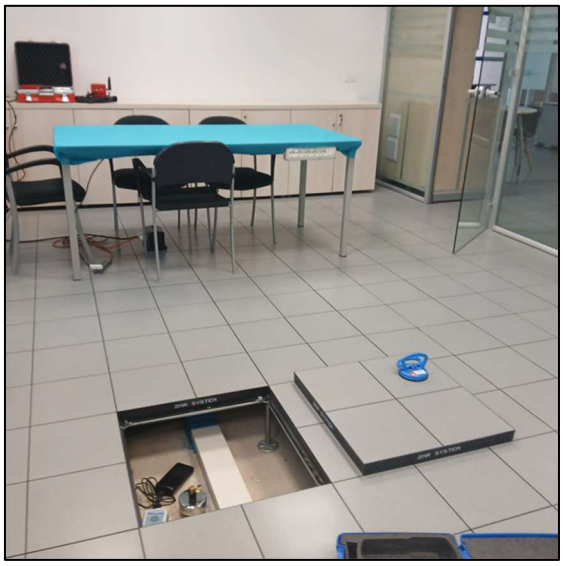
Valore di riferimento proposto: UNI 9614:2017 "Misure delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" per abitazioni (diurno: 6:00 - 22:00) confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento (periodo diurno: 7,2 mm/s^2), per abitazioni (notte: 22:00 - 6:00) confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento (periodo notturno: 3,6 mm/s^2), per luoghi di lavoro confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento: 14 mm/s^2; ospedali, case di cura ed affini: 2 mm/s^2; asili e case di riposo: 3,6 mm/s^2; scuole e università: 5,4 mm/s^2.

Valutazione del disturbo secondo la normativa UNI 9614:2017			
Periodo di riferimento	**Vsorg**		**Valutazione**
	m/s^2	mm/s^2	
Diurno	0,0038	3,8	Valore misurato inferiore al limite int. per luoghi di lavoro pari a 14,0 mm/s^2
Notturno	0,0006	0,6	Valore misurato inferiore al limite int. per luoghi di lavoro pari a 14,0 mm/s^2

MISURA DI VIBRAZIONI - UNI 9614:2017

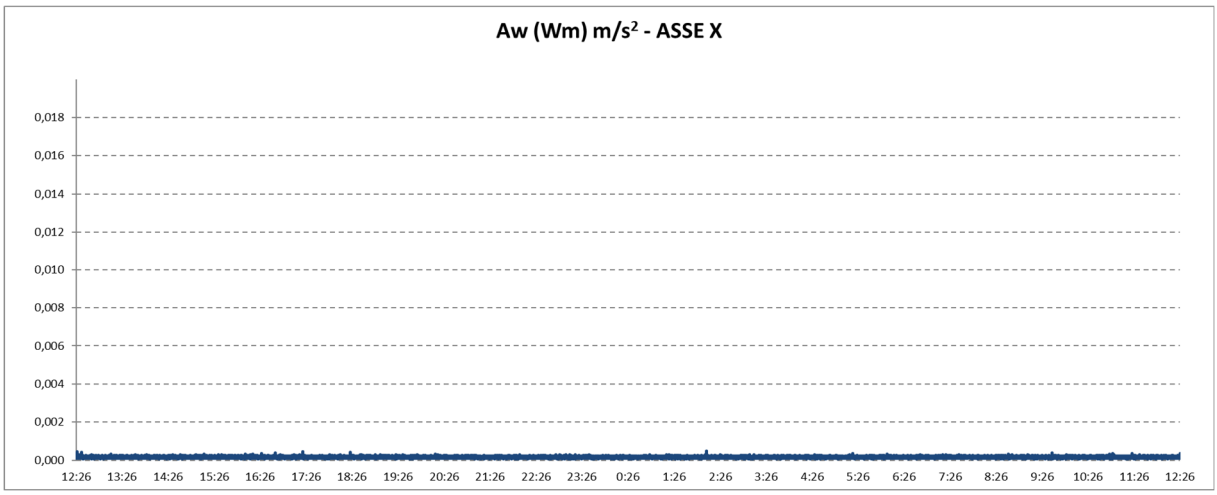
Postazione:	**R1**
Indirizzo:	**Via John Fitzgerald Kennedy (45°38'0.27"N; 9°21'21.53"E)**
Data e ora inizio rilevazione:	**dal 19.02.26 ore 12:26 al 20.02.26 ore 12:26**
Strumentazione impiegata:	**DeltaOHM HD2070 matricola 21042230541**
Tecnico	**Raffaele Abate**

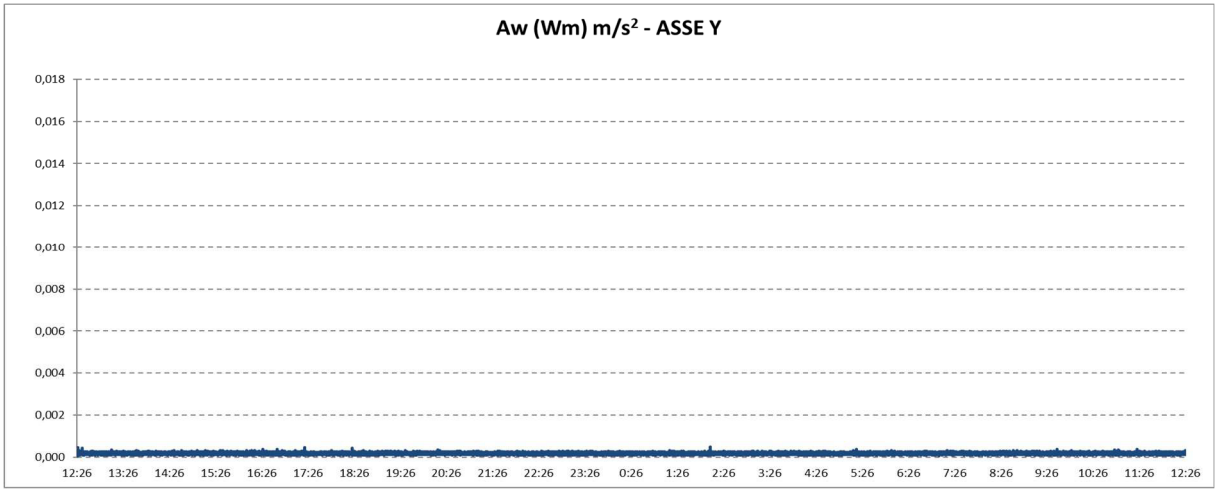
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E LOCALIZZAZIONE SITO DI INDAGINE

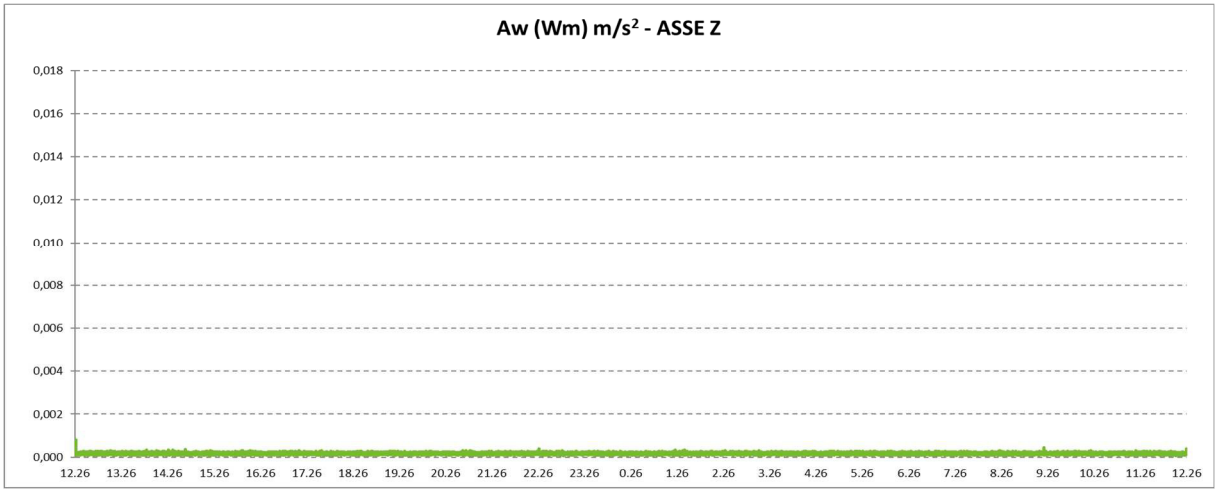


TIME HYSTORY – ASSE X, ASSE Y e ASSE Z

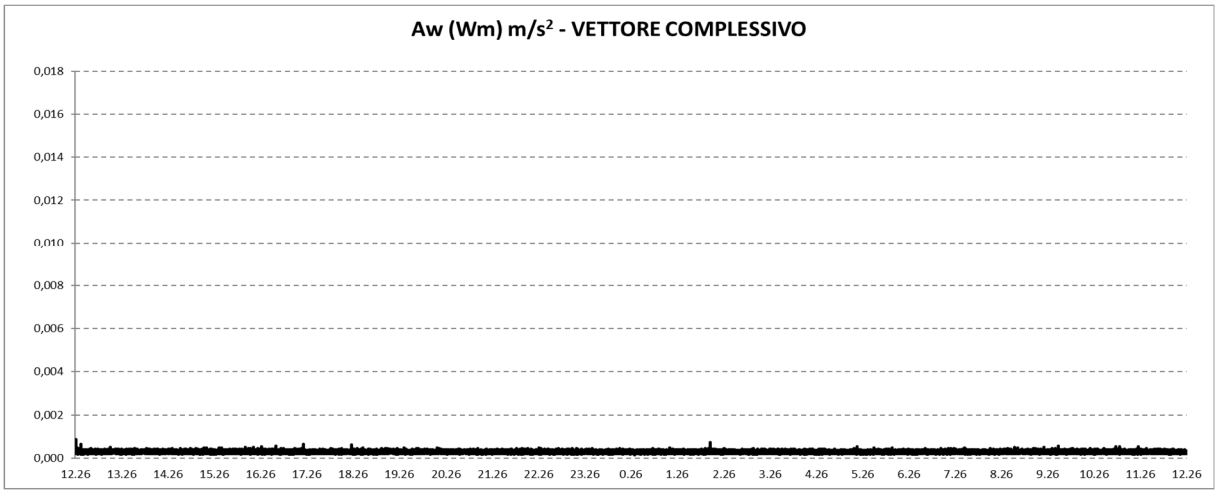
Impostazione acquisizione: campionamento al secondo (1s) contemporaneamente sui tre assi ortogonali con terna accelerometrica, filtro di ponderazione Wm.







TIME HISTORY – VETTORE COMPLESSIVO



VETTORE IMMISSIONE (Vimm) - PERIODO DIURNO

Valore di Immissione - Valutazione eventi periodo diurno (Massimo valore di accelerazione caratterizzante il periodo)			
Eventi di riferimento	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vimm DIU aw 95** (m/s^2)
Identificati 500 eventi nel periodo di riferimento	0,0004	0,0000	0,0005

VETTORE IMMISSIONE (Vimm) - PERIODO NOTTURNO

Valore di Immissione - Valutazione eventi periodo notturno (Massimo valore di accelerazione caratterizzante il periodo)			
Eventi di riferimento	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vimm NOT aw 95** (m/s^2)
Identificati 250 eventi nel periodo di riferimento	0,0004	0,0000	0,0004

VETTORE RESIDUO (Vres)

Valore di Residuo - Valutazione eventi (Massimo valore di residuo)			
Eventi di riferimento (determinato con eventi identificati in assenza di traffico veicolare e/o altri sorgenti)	**Media aw Max** (m/s^2)	**SIGMA scarto aw** (m/s^2)	**Vres aw 95** (m/s^2)
Periodo diurno: identificati 500 eventi assimilati a vibrazioni residue	0,0002	0,0000	0,0002
Periodo notturno: identificati 250 eventi assimilati a vibrazioni residue	0,0002	0,0000	0,0002

VETTORE SORGENTE (Vsorg)

Valore di riferimento proposto: UNI 9614:2017 "Misure delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" per abitazioni (diurno: 6:00 - 22:00) confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento (periodo diurno: 7,2 mm/s^2), per abitazioni (notte: 22:00 - 6:00) confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento (periodo notturno: 3,6 mm/s^2), per luoghi di lavoro confronto parametro descrittore della sorgente Vsorg con i limiti di riferimento: 14 mm/s^2; ospedali, case di cura ed affini: 2 mm/s^2; asili e case di riposo: 3,6 mm/s^2; scuole e università: 5,4 mm/s^2.

Valutazione del disturbo secondo la normativa UNI 9614:2017			
Periodo di riferimento	**Vsorg**		**Valutazione**
	m/s^2	mm/s^2	
Diurno	0,0004	0,4	Valore misurato inferiore al limite int. per luoghi di lavoro pari a 14,0 mm/s^2
Notturno	0,0004	0,4	Valore misurato inferiore al limite int. per luoghi di lavoro pari a 14,0 mm/s^2

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36168-V

- data di emissione *date of issue*	2025-07-25
- cliente *customer*	AMBIENTE S.R.L. 54033 - CARRARA (MS)
- destinatario *receiver*	AMBIENTE S.R.L. 54033 - CARRARA (MS)

Si riferisce a
Referring to

- oggetto *item*	Calibratore Accelerometrico
- costruttore *manufacturer*	Tenlee
- modello *model*	VC-01
- matricola *serial number*	901009
- data di ricevimento oggetto *date of receipt of item*	2025-07-25
- data delle misure *date of measurements*	2025-07-25
- registro di laboratorio *laboratory reference*	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento n. 00268 Calibration che attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI) in conformità ai requisiti della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. L'accreditamento è rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT).

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation n 00268 Calibration attesting the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI) in compliance with requirements of ISO/IEC 17025. The accreditation is granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.
The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla ISO/IEC Guide 98-3 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.
The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98-3 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)

.....

Firmato digitalmente da:
EMILIO GIOVANNI CAGLIO
Data: 30/07/2025 10:31:12

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36168-V

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:
- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- una dichiarazione che identifichi in quale modo le misure sono metrologicamente riferibili;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:
- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- a statement identifying how the measurements are metrologically traceable;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and enviromental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Il presente Certificato di Taratura viene rilasciato in conformità alle prescrizioni dell'accreditamento concesso da ACCREDIA che ha valutato le capacità di taratura e misura del Laboratorio LAT n. 00268 e la sua riferibilità delle misure al sistema di unità SI o, nel caso questo non sia tecnicamente possibile, ad altri riferimenti accettati a livello internazionale.

Strumenti sottoposti a verifica
Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Calibratore Accelerometrico	Tenlee	VC-01	901009

Procedure tecniche e norme
Technical procedures and standards

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. PR 22 Rev. 5.
Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con il metodo interno di taratura per confronto con accelerometro tarato secondo la ISO 16063-21:2003.

Condizioni ambientali durante le misure
Enviromental parameters during measurements

Parametro	Di riferimento	Intervallo di validità	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura / °C	23	da 18 a 28	25	25
Umidità / %	50	da 0 a 75	53	53
Pressione / hPa	1013	da 800 a 1050	992	992

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36168-V

1. Ispezione preliminare

Durante questa fase vengono eseguiti i controlli preliminari sulla strumentazione in taratura. I risultati di tali controlli sono riportati nella tabella sottostante.

Controllo	Esito
Ispezione visiva iniziale	OK
Integrità meccanica	OK
Integrità funzionale	OK
Equilibrio termico	OK
Alimentazione	OK
Luogo di taratura	SEDE

2. Misurando, modalità e condizioni di misura

Il misurando è il livello di accelerazione RMS generato, la sua stabilità, frequenza e relativa stabilità e distorsione totale. Il livello di accelerazione generato è calcolato come il rapporto tra la tensione in uscita dalla catena di riferimento e la sensibilità della catena di riferimento stessa. La taratura per la determinazione dell'ampiezza dell'accelerazione, è stata eseguita tramite il metodo del confronto con la catena di riferimento.

3. Livello di accelerazione generato

In questa prova viene verificato il livello di accelerazione generato e la sua stabilità in ampiezza.

Livello nominale m/s²	Livello generato m/s²	Errore %	Massa applicata g	Stabilità livello %	Incertezza %
9,80	9,79	-0,08	10,8	0,40	0,80
9,80	9,86	0,65	64,5	0,12	0,80

4. Frequenza del livello generato

In questa prova viene verificata la frequenza del segnale generato e la relativa stabilità.

Frequenza nominale Hz	Frequenza generata Hz	Errore %	Massa applicata g	Stabilità frequenza %	Incertezza Hz
159,16	159,20	0,03	10,8	0,00	0,04
159,16	159,20	0,03	64,5	0,00	0,04

5. Distorsione del livello generato

In questa prova viene misurata la distorsione totale del segnale generato dal calibratore.

Livello nominale m/s²	Livello generato m/s²	Distorsione %	Massa applicata g	Incertezza %
9,80	9,79	2,90	10,8	0,12
9,80	9,86	0,54	64,5	0,12

Fine del certificato
End of certificate

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36218-V

- data di emissione *date of issue*	2025-07-31
- cliente *customer*	AMBIENTE S.R.L. 54033 - CARRARA (MS)
- destinatario *receiver*	AMBIENTE S.R.L. 54033 - CARRARA (MS)

Si riferisce a
Referring to

- oggetto *item*	Misuratore + Accelerometro
- costruttore *manufacturer*	Delta Ohm + PCB Piezotronics
- modello *model*	HD2070 + 356B18
- matricola *serial number*	21042030541 + LW307423
- data di ricevimento oggetto *date of receipt of item*	2025-07-30
- data delle misure *date of measurements*	2025-07-31
- registro di laboratorio *laboratory reference*	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento n. 00268 Calibration che attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI) in conformità ai requisiti della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. L'accreditamento è rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT).

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation n 00268 Calibration attesting the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI) in compliance with requirements of ISO/IEC 17025. The accreditation is granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.
The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla ISO/IEC Guide 98-3 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.
The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98-3 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)

.....

Firmato digitalmente da:
EMILIO GIOVANNI CAGLIO
Data: 04/08/2025 12:09:41

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36218-V

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:
- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- una dichiarazione che identifichi in quale modo le misure sono metrologicamente riferibili;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:
- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- a statement identifying how the measurements are metrologically traceable;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and enviromental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Il presente Certificato di Taratura viene rilasciato in conformità alle prescrizioni dell'accreditamento concesso da ACCREDIA che ha valutato le capacità di taratura e misura del Laboratorio LAT n. 00268 e la sua riferibilità delle misure al sistema di unità SI o, nel caso questo non sia tecnicamente possibile, ad altri riferimenti accettati a livello internazionale.

Strumenti sottoposti a verifica
Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Misuratore	Delta Ohm	HD2070	21042030541
Accelerometro	PCB Piezotronics	356B18	LW307423

Procedure tecniche e norme
Technical procedures and standards

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. PR 25 Rev.3.
Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con quanto previsto dalla norma ISO 8041:2017 paragrafo 14.
Le tolleranze riportate sono relative alla classe di appartenenza dello strumento come definito nella norma ISO 8041:2017.

Condizioni ambientali durante le misure
Enviromental parameters during measurements

Parametro	Di riferimento	Intervallo di validità	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura / °C	23	da 18 a 28	24	24
Umidità / %	50	da 0 a 75	42	42
Pressione / hPa	1013	da 800 a 1050	992	992

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36218-V

1. Ispezione preliminare

Durante questa fase vengono eseguiti i controlli preliminari sulla strumentazione in taratura. I risultati di tali controlli sono riportati nella tabella sottostante.

Controllo	Esito
Ispezione visiva iniziale	OK
Integrità meccanica	OK
Integrità funzionale	OK
Equilibrio termico	OK
Alimentazione	OK
Luogo di taratura	SEDE

2. Misurando, modalità e condizioni di misura

Il misurando è l'accelerazione letta sullo strumento in taratura. La taratura è stata eseguita applicando il metodo di confronto con la catena di riferimento.

Impostazioni			
	Asse X	Asse Y	Asse Z
Metodo di fissaggio	colla cianoacrilica	colla cianoacrilica	colla cianoacrilica
Coppia di serraggio	non applicabile	non applicabile	non applicabile
Materiale supporto	acciaio inox	acciaio inox	acciaio inox
Orientamento trasduttore	orizzontale	orizzontale	orizzontale
Temperatura stimata trasduttore	23,6 °C	23,6 °C	23,6 °C
Range	00 dB	00 dB	00 dB
Pesatura in frequenza	Wm	Wm	Wm

3. Sensibilità dell'intera catena

Nella tabella sottostante viene riportato il valore di sensibilità dell'intera catena alla frequenza specificata. Viene specificata sia la sensibilità letta prima della messa in punto sia dopo la messa in punto.
L'incertezza riportata in tabella è uguale a 2,5 % + r % eccedente a 0.5, dove r è il contributo della risoluzione dello strumento in taratura.

Asse	Frequenza / Hz	Sensibilità iniziale / mV/g	Sensibilità finale / mV/g	Ritarato	Incertezza / %
Asse X	16	974,9	974,9	no	2,5
Asse Y	16	966,0	966,0	no	2,5
Asse Z	16	934,2	934,2	no	2,5

Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 5783463
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura
Calibration Centre

Laboratorio di Taratura
Calibration Laboratory

00268

Certificato di Taratura
Certificate of Calibration

00268LAT 36218-V

4. Risposta dell'intera catena

Le tolleranze riportate sono quelle della norma ISO 8041:2017.
L'incertezza riportata in tabella è uguale a 2,5 % + r % eccedente a 0.5, dove r è il contributo della risoluzione dello strumento in taratura.

Asse X

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s²	Lettura strumento / m/s²	Differenza / %	Incertezza / %	Tolleranza norma / %
2	1,0	0,928	0,9313	0,4	2,5	+12/-11
8	1,0	0,575	0,5734	-0,2	2,5	+12/-11
16	0,1	0,033	0,0327	-1,2	2,5	+6/-6
16	1,0	0,327	0,3239	-0,9	2,5	+6/-6
16	10,0	3,288	3,250	-1,2	2,5	+6/-6
63	1,0	0,084	0,0826	-1,2	2,5	+12/-11

Asse Y

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s²	Lettura strumento / m/s²	Differenza / %	Incertezza / %	Tolleranza norma / %
2	1,0	0,927	0,9400	1,4	2,5	+12/-11
8	1,0	0,575	0,5861	1,9	2,5	+12/-11
16	0,1	0,033	0,0334	0,9	2,5	+6/-6
16	1,0	0,327	0,3311	1,2	2,5	+6/-6
16	10,0	3,288	3,322	1,0	2,5	+6/-6
63	1,0	0,084	0,0844	1,1	2,5	+12/-11

Asse Z

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s²	Lettura strumento / m/s²	Differenza / %	Incertezza / %	Tolleranza norma / %
2	1,0	0,925	0,9234	-0,2	2,5	+12/-11
8	1,0	0,576	0,5787	0,5	2,5	+12/-11
16	0,1	0,033	0,0326	0,0	2,5	+6/-6
16	1,0	0,327	0,3262	-0,2	2,5	+6/-6
16	10,0	3,293	3,288	-0,1	2,5	+6/-6
63	1,0	0,084	0,0834	-0,1	2,5	+12/-11

Fine del certificato
End of certificate